ENERGÉTICA IND.E COM. LTDA.
Rua Gravataí, 99 – Rocha
CEP 20975-030 Rio de Janeiro – RJ
CNPJ 29.341.583/0001-04 – IE 82.846.190
Fone: (0xx21) 3797-9800 Fax: (0xx21) 2241-1354
www.energetica.ind.br

AGV
PTSCVV

AMOSTRADOR DE GRANDE VOLUME (AGV)
PARA PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO (PTS)
COM CONTROLE VOLUMÉTRICO DA VAZÃO (CVV)

MODELO PTSCVV

MANUAL DE OPERAÇÃO

Responsável:

José Walderley Coêlho Dias

ÍNDICE

Seção	Descrição	Pág.
1.0	**Introdução**	1
2.0	**Princípios, Métodos e Aplicações**	2
2.1	Resumo do Método	2
2.2	Discriminação das Partículas	3
2.3	Vazão Operacional	5
2.4	Capacidade do AGV PTSCVV	5
2.5	Padrões e Normas	7
2.6	Aplicações	7
3.0	**O Equipamento**	8
3.1	O Conjunto Padrão	8
3.2	Teto de Entrada	8
3.3	Base do Amostrador	8
3.3.1	Bandeja Superior	10
3.2.2	Porta-Filtro	10
3.3.3	Controlador Volumétrico de Vazão (CVV)	13
3.3.4	Porta-motor	13
3.3.5	Painel de Controle	13
3.3.6	Manômetro de Coluna d'Água	13
3.3.7	Registrador Contínuo de Eventos	13
3.3.8	Componentes Menores	14
3.4	Montagem do PTSCVV	16
3.5	Energização do Amostrador	17
3.6	Voltagem Adequada	17
3.7	Controle do Tempo	18
3.8	Volume de Ar Amostrado	18
3.9	Calibrador Padrão de Vazão (CPV)	18
3.10	Testes de Estanqueidade	20
4.0	**Procedimentos de Calibração**	21
4.1	Considerações Preliminares	21
4.1.1	Medidas de Vazão	21
4.1.2	Condições de Temperatura e Pressão	22
4.2	Certificação do Calibrador Padrão de Vazão (CPV)	23
4.3	Calibração do CVV	23
4.3.1	Considerações Preliminares	24
4.3.2	Material de Calibração	26
4.3.3	Geração da Relação de Calibração	26
4.3.4	Verificação da Relação de Calibração	33
4.3.5	Verificação da Vazão Operacional	38
4.3.6	Freqüência das Calibrações	38
4.4	Calibrações de Instrumentos Associados	39
4.4.1	Horâmetro	39
4.4.2	Programador de Tempo (Timer)	39
4.4.3	Registrador Contínuo de Eventos	39
4.4.4	Balança Analítica, Higrômetro, termômetro e Barômetro	40

Continua

ÍNDICE (continuação)

Seção	Descrição	Pág.
5.0	**Seleção e Preparação de Filtro**	41
5.1	Características do Filtro	41
5.1.1	Filtro de Fibra de Vidro	41
5.1.2	Filtro de Quartzo	41
5.2	Manuseio dos Filtros	41
5.3	Inspeção Visual dos Filtros	44
5.4	Equilibração dos Filtros	44
5.5	Pesagem Inicial (Tara)	46
6.0	**Operações no Campo**	48
6.1	Exigências de Localização (da U.S. EPA)	48
6.2	Operações de Amostragem	48
6.2.1	Considerações de Temperatura e Pressão	48
6.2.2	Antes de Ir para o Campo	49
6.2.3	No Campo, Antes da Amostragem	49
6.2.4	No Campo, Após a Amostragem	53
6.2.5	Análise do Filtro e Cálculo das Concentrações de PTS	54
6.3	Validação da Amostragem e Documentação	54
6.3.1	Critérios de Validação no Campo	54
6.3.2	Critérios de Validação no Laboratório	56
6.3.3	Documentação	57
7.0	**Análises dos Filtros com Coleta**	61
7.1	Documentação e Inspeção dos Filtros com Coleta	58
7.2	Equilibração do Filtro	58
7.3	Pesagem Final (Peso Bruto)	59
7.4	Cálculo da Carga Líquida de PTS no Filtro	59
8.0	**Cálculos, Validações e Relatórios**	61
8.1	Considerações Preliminares	61
8.2	Cálculos	61
8.3	Documentação dos Dados	65
9.0	**Manutenção**	
9.1	Teto (Entrada) em Duas Águas	66
9.2	Base do Amostrador	66
9.2.1	Porta-Filtro	66
9.2.2	Motoaspirador	66
9.2.3	Controlador Volumétrico de Vazão (CVV)	69
9.2.4	Painel de Controle	69
9.2.5	Registrador Contínuo	70
9.2.6	Manômetro	70
9.2.7	Ventilador	71
9.2.8	Cabos Elétricos e Conexões	71
9.3	Peças de Reposição	71

Continua

ÍNDICE (continuação)

Seção	Descrição	Pág.
10.0	**Referências**	73
	Apêndices:	
A	Programador de Tempo (Timer Digital)	74
B	Horâmetro	78
C	Registrador Contínuo	79
D	Calibração do Programador de Tempo (Timer)	83
E	Calibração do CPV	84
F	Regressão e Correlação	97
G	Câmara de Equilibração	100
H	Formulários	102

1.0 INTRODUÇÃO

São quatro os modelos de Amostrador de Grande Volume (AGV) fabricados pela ENERGÉTICA:

- O Amostrador de Grande Volume (AGV) para Partículas Totais em Suspensão (PTS) com vazão variável, aqui denominado AGV PTS ou simplesmente PTS. É o mais tradicional dos AGVs.

- O Amostrador de Grande Volume (AGV) para Partículas Totais em Suspensão (PTS) com vazão controlada, aqui denominado AGV PTSCVV.

- O Amostrador de Grande Volume (AGV) para Partículas de até 10 μm (MP_{10}), aqui denominado AGV MP_{10} ou simplesmente MP_{10}.

- O Amostrador de Grande Volume (AGV) para Partículas de até 2,5 μm (MP_{10}), aqui denominado AGV $MP_{2,5}$ ou simplesmente $MP_{2,5}$.

Os AGVs podem ser comparados por apenas duas de suas características gerais, ou sejam, a entrada de separação e o controle (ou não) da vazão. Por exemplo, os dois primeiros modelos acima são semelhantes quanto à entrada (teto em forma de duas águas), mas diferem quanto ao controle da vazão. O AGV PTS não tem controlador. Sua vazão varia durante a amostragem e é registrada por um registrador contínuo. Já o AGV PTSCVV se assemelha ao AGV MP_{10} e ao AGV $MP_{2,5}$ quanto ao controle da vazão - ambos o possui, do tipo venturi, mas diferem um do outro, e substancialmente, no que diz respeito à entrada. As entradas do AGV MP_{10} e AGV $MP_{2,5}$ são bem mais elaboradas, proporcionando uma separação mais precisa das partículas.

Neste manual são apresentadas as técnicas de calibração, operação e manutenção do AGV PTSCVV (ou simplesmente PTSCVV).

Ressaltamos que o manual reflete a versão de Setembro de 1997 do método da ABNT, NBR 9547, “Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente – Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume” (Ref. 1 do Capítulo 10.0), que substitui a versão de setembro de 1986. Esta versão de Setembro de 1997 foi montada à luz da versão de 01/07/88 do método US EPA, “Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter in the Atmosphere”, contido no Federal Register 40 CFR 50, Appendix B.

Além disso, visto serem os métodos de amostragem de PTS em vigor no Brasil muito resumidos (vide o método da ABNT, citado acima, como exemplo) e não haver no país outras informações oficiais com maiores detalhes sobre amostragem de PTS, decidimos enriquecer o manual com detalhes colhidos da US EPA (Refs. 2 e 5 do Capítulo 10.0).

Para um maior entendimento sobre o PTSCVV, recomenda-se fortemente ao usuário ler os métodos e os manuais relacionados no Capítulo 10.0, particularmente os relacionados com MP_{10}, visto que ambos os amostradores são dotados do mesmo tipo de controlador de vazão, requerendo, portanto, os mesmos procedimentos de calibração.

Por fim, enfatizamos que, consistentes com a nova versão do método ABNT, nos referiremos ao amostrador objeto deste manual pelo nome de AGV PTSCVV, ou simplesmente de PTSCVV, e não pelo nome norte-americano, abreviado, de Hi-Vol ou Accu-Vol, como o amostrador tem sido conhecido por anos.

2.0 PRINCÍPIOS, MÉTODOS E APLICAÇÕES

2.1 Resumo do Método

O AGV PTSCVV, devidamente instalado num local de medição, puxa uma certa quantidade de ar ambiente através de um filtro, instalado dentro de uma casinhola de abrigo, durante um período de amostragem de 24 horas (nominais). A vazão imprimida pelo aparelho, em torno de 1,22 m^3/min, e a geometria da entrada da casinhola, dependendo da velocidade e da direção do vento, favorecem a coleta de partículas de até 30 μm de diâmetro (aerodinâmico). É oportuno frisar que no AGV PTS tradicional, em que a vazão pode variar de 1,1 a 1,7 m^3/min, o ponto de corte chegar a variar de 25 a 50 μm de diâmetro (aerodinâmico). Os filtros empregados são específicos para uma eficiência mínima de 99 por cento para a coleta de partículas FDO (Ftalato de Dioctil) de 0,3 μm. A duração da amostragem é controlada por um programador de tempo (timer) com exatidão de pelo menos ± 15 minutos em 24 horas e medida com um horâmetro.

O filtro é pesado (após equilibração de umidade) antes e após a coleta para se determinar o ganho líquido em peso (massa). O volume de ar amostrado, corrigido para condições padrão [25°C, 760 mmHg], é determinado a partir da vazão medida e do tempo de amostragem. A concentração de partículas totais em suspensão no ar ambiente, PTS, é computada dividindo-se a massa de partículas coletada pelo volume de ar amostrado e é expressada em microgramas por metro cúbico (μg/m^3):

$$C_{PTS} = \left(10^6\right)\frac{M_l}{V_p} \qquad \text{(Eq. 2.1)}$$

onde:

C_{PTS} = concentração de partículas totais em suspensão, μg/m^3

M_l = ganho líquido de PTS no filtro durante a amostragem, g

V_p = volume total de amostrado em unidade padrão de volume, m^3 padrão

10^6 = fator de conversão, μg/g

Nota: A correção da concentração de PTS para as condições de referência ou padrão do CONAMA (as mesmas da US EPA), ou sejam 25 °C (298 K) e 760 mm Hg, é exigência de norma.

Na Equação 2.1, M_l é simplesmente a diferença entre o peso final do filtro (com coleta), M_f, e o peso inicial do filtro (limpo, sem coleta), M_i, pesados com uma balança com precisão de 0,1 mg. Os procedimentos de pesagem dos filtros são apresentados nas Seções 5.0 e 7.0.

Por sua vez, V_p é dado pela expressão

$$V_p = \left(\overline{Q_p}\right)(t) \qquad \text{(Eq. 2.2)}$$

onde:

V_p = volume total de ar amostrador em unidade padrão de volume, m^3 padrão

$\overline{Q_p}$ = vazão média do amostrador corrigida para as condições padrão, m^3 padrão/min.

t = tempo decorrido de amostragem, min.

$\overline{Q_p}$ é obtida pela correlação seguinte:

$$\overline{Q_p} = \overline{Q_r}\left(\frac{P_m}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_m}\right) \qquad \text{(Eq. 2.3)}$$

onde: $\overline{Q_p}$ = vazão volumétrica padrão média para o período de amostragem, m^3/min.

P_m = pressão barométrica ambiente média durante o período de amostragem, mm Hg

T_m = temperatura ambiente média durante o período de amostragem, K
P_p = pressão barométrica padrão, 760 mmHg
T_p = temperatura padrão, 298 K

A vazão volumétrica real média $\overline{Q_r}$, durante a amostragem, é obtida a partir da pressão barométrica média, P_m, da temperatura ambiente média, T_m, e da média da pressão de estagnação (abaixo do filtro), simbolizada aqui por $\overline{P_o}$. Na prática, põe-se $\overline{P_o}$ *e* P_m na forma de fração, $\overline{P_o} / P_m$, fração esta denominada "taxa de pressão de estagnação média". A vazão $\overline{Q_r}$ torna-se simplesmente uma função de $\overline{P_o} / P_m$ e de T_m.

Mais detalhes sobre a vazão $\overline{Q_r}$ e sua relação com T_m, P_m e $\overline{P_o}$ são apresentados na Subseção 2.3 e na Seção 8.0 (Cálculos, Validações e Relatórios).

O AGV PTSCVV da ENERGÉTICA satisfaz as exigências básicas conforme relação apresentada na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Exigências de Desempenho para o AGV PTSCVV

ESPECIFICAÇÃO	COMPONENTE
1) Puxar uma quantidade de ar ambiente através de uma entrada, especialmente projetada, que discrimine os tamanhos das partículas.	Entrada (teto em duas águas)
2) Manter uma vazão constante dentro das especificações de projeto da entrada do AGV PTSCVV.	Controlador volumétrico de vazão CVV
3) Coletar a amostra em meio filtrante aprovado.	Fibra de vidro ou quartzo
4) Ter um sistema de controle de tempo dentro dos limites de exatidão estipulados.	Programador de tempo (PNT-201) e horâmetro (PNT-301)

2.2 Discriminação das Partículas

A discriminação das partículas num determinado tamanho (diâmetro aerodinâmico), aqui denominado "ponto de corte", é normalmente obtida em função da geometria da "entrada" do amostrador e da vazão imprimida pelo aparelho.

Nos Amostradores de Grande Volume (AGV) para Partículas Totais em Suspensão (PTS), a "entrada", tem sido, desde os primórdios do amostrador (aí pela década dos 70), um teto na forma de duas águas (ver Figura 2.1). Quando o amostrador é posto em funcionamento, o ar é puxado através da área perimetral total por baixo das beiradas do teto. Dependendo exatamente desta área e da vazão imprimida pelo motoaspirador, o ar flui para dentro do amostrador com uma certa velocidade. É esta velocidade do fluxo de ar que determina o ponto de corte das partículas. Maior velocidade, maior o ponto de corte; menor velocidade, menor o ponto de corte.

Infelizmente, devido ao projeto simples do teto de entrada dos amostradores de PTS, o ponto de corte é também afetado pela direção e velocidade dos ventos incidentes no aparelho.

Estudos patrocinados pela US EPA para o AGV PTS tradicional indicam uma variação do ponto de corte na faixa de 25-50 µm (diâmetro aerodinâmico). Como sabemos, o AGV PTS tradicional, sem controlador de vazão, é permitido funcionar com vazão na faixa de 1,1 a 1,7 m^3/min durante a amostragem. No PTSCVV, com vazão controlada, em torno de 1,22 m^3/min, estima-se, por dedução lógica, que o ponto de corte situe-se em torno de 30 µm (diâmetro aerodinâmico).

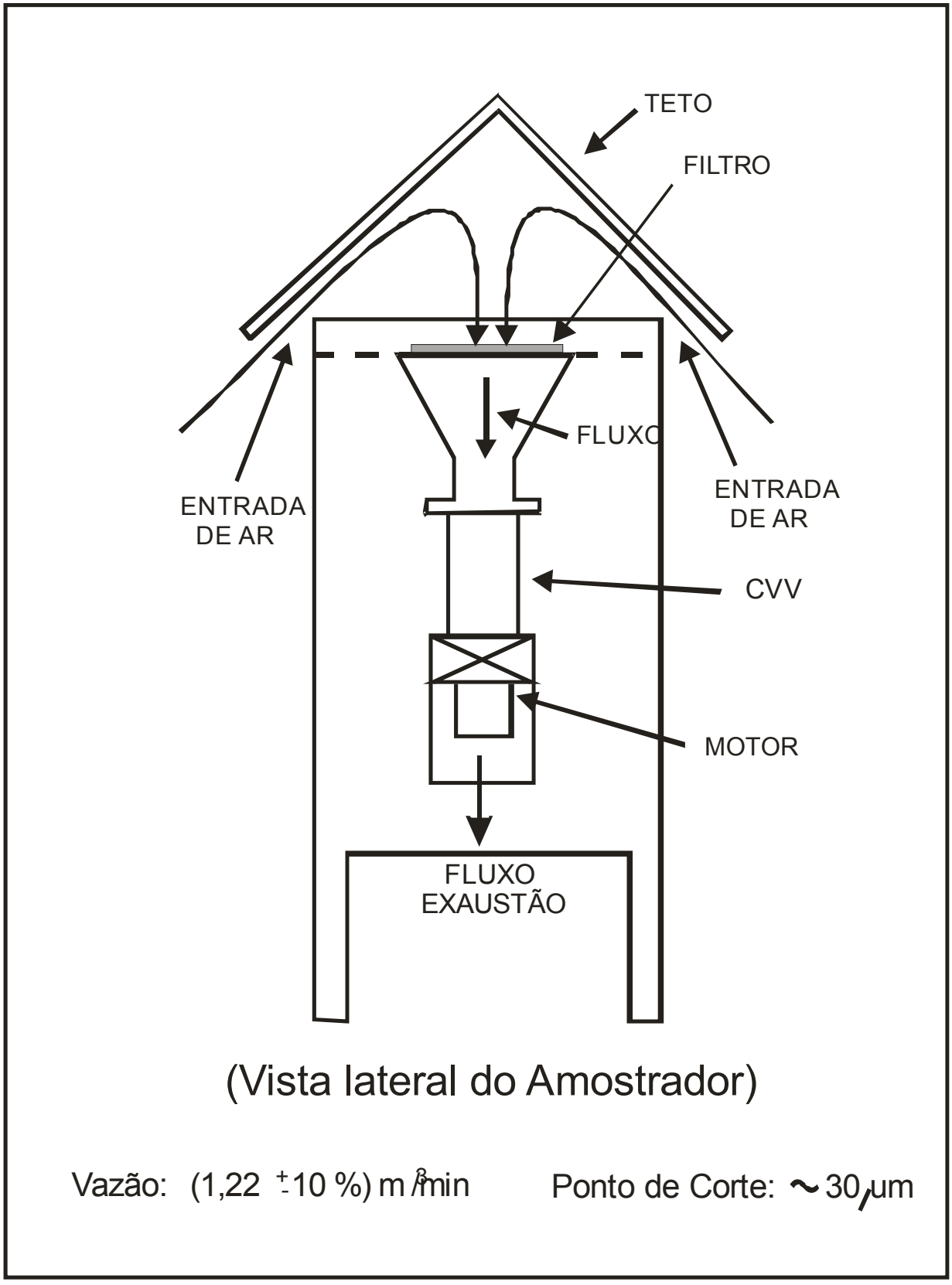


Figura 2.1 Entrada de Ar no PTSCVV

2.3 Vazão Operacional

O AGV PTSCVV é projetado para trabalhar a uma vazão controlada em torno de 1,22 m^3/min em condições reais de temperatura e pressão. Teoricamente, a vazão de projeto do AGV MP_{10} pode variar na faixa de 1,10 a 1,34 m^3/min. Entretanto, por razões de garantia da qualidade, essa faixa é reduzida para 1,13 a 1,30 m^3/min.

A vazão de amostragem do AGV PTSCVV é controlada por um controlador volumétrico de vazão (CVV), do tipo tubo venturi. Ver desenho esquemático do CVV na Figura 2.2. No CVV, o vácuo é provido pelo motoaspirador, colocado a jusante do venturi. O controle da vazão é obtido pelo estrangulamento e, portanto, por aceleração do fluxo de ar através do venturi. Em algum ponto da corrente de ar, a velocidade do ar se aproxima da velocidade do som, obtendo-se então fluxo próximo do crítico. Esta vazão próxima da crítica é pouco afetada por alterações na perda de carga no filtro e, na temperatura ambiente e na pressão barométrica na estação, a vazão volumétrica é mantida estável à medida que haja vácuo suficiente na unidade.

É fácil determinar a vazão operacional no CVV, pois a vazão Q_r se reduz a uma função da temperatura ambiente T_a e da taxa de pressão P_o/P_a, onde P_o é a pressão de estagnação (abaixo do filtro) e P_a é a pressão atmosférica. Obtém-se T_a (em graus K) com um termômetro de precisão e P_a (em mm Hg), com um barômetro ou de uma estação meteorológica próxima. Já a pressão de estagnação P_o é dada pela diferença (P_a - dH_f), sendo dH_f a pressão diferencial lida no manômetro de 800 mm fixado ao lado do amostrador. Veja, na Figura 2.2, que uma extremidade do manômetro é mantida aberta para a atmosfera e a outra, conectada à tomada de pressão de estagnação. A pressão diferencial dH_f é uma medida da perda de carga no filtro causada pelo fluxo de ar. Note-se que a leitura do manômetro é em cm H_2O; portanto, tem-se que converter cm H_2O para mm Hg, dividindo-se a leitura do manômetro pelo fator 1,36.

A relação entre Q_r, T_a e P_o/P_a é comumente expressada na forma de uma reta, qual seja:

$$Q_r = \frac{1}{a_2}\left(\frac{P_o}{P_a} - b_2\right)\sqrt{T_a} \qquad \text{(Eq. 2.4)}$$

onde a_2 e b_2 são, respectivamente, a inclinação e a interseção da reta. Alternativamente, é prática comum por parte de vários fabricantes fornecer, inicialmente, com o amostrador, uma tabela de vazão, que não é nem mais nem menos que uma forma tabular da expressão de Q_a versus P_o/P_a e T_a, que podem ser correlacionadas por uma reta como na Eq. 2.4.

A relação acima (Eq. 2.4) é obtida mediante uma calibração multipontual, com um calibrador padrão de vazão (CPV) semelhante ao utilizado nas calibrações do AGV PTS tradicional. O procedimento recomendado pela ENERGÉTICA prevê o emprego de cinco pontos (de vazão) para a obtenção, por regressão linear, da relação (reta) de calibração. Os procedimentos de calibração do CVV são apresentados na Seção 4.0.

Nota: Para atender às normas dos órgãos de controle ambiental, a vazão deve ser corrigida para condições padrão (298 K e 760 mm Hg) antes do cálculo do volume de amostragem. Estes cálculos são apresentados na Seção 8.0 deste manual.

2.4 Capacidade do AGV PTSCVV

O AGV PTSCVV é um amostrador com grande capacidade de deslocamento de ar. Numa amostragem de 24 horas, por exemplo, a 1,22 m^3/min, o amostrador chega a deslocar 1.757 m^3.

Por norma, deve-se ter, com o AGV PTSCVV, condições de determinar concentrações de partículas em suspensão de até 2 $\mu g/m^3$ (baixíssima!). A título de ilustração, com nível tão baixo de concentração obter-se-ia, nas 24 horas de amostragem, apenas 3,25 mg de partículas coletadas no filtro. Esta massa, baixíssima, é a razão de se ter que utilizar balanças com precisão de 0,1 mg, sem a qual não se obteria pesagens significativas.

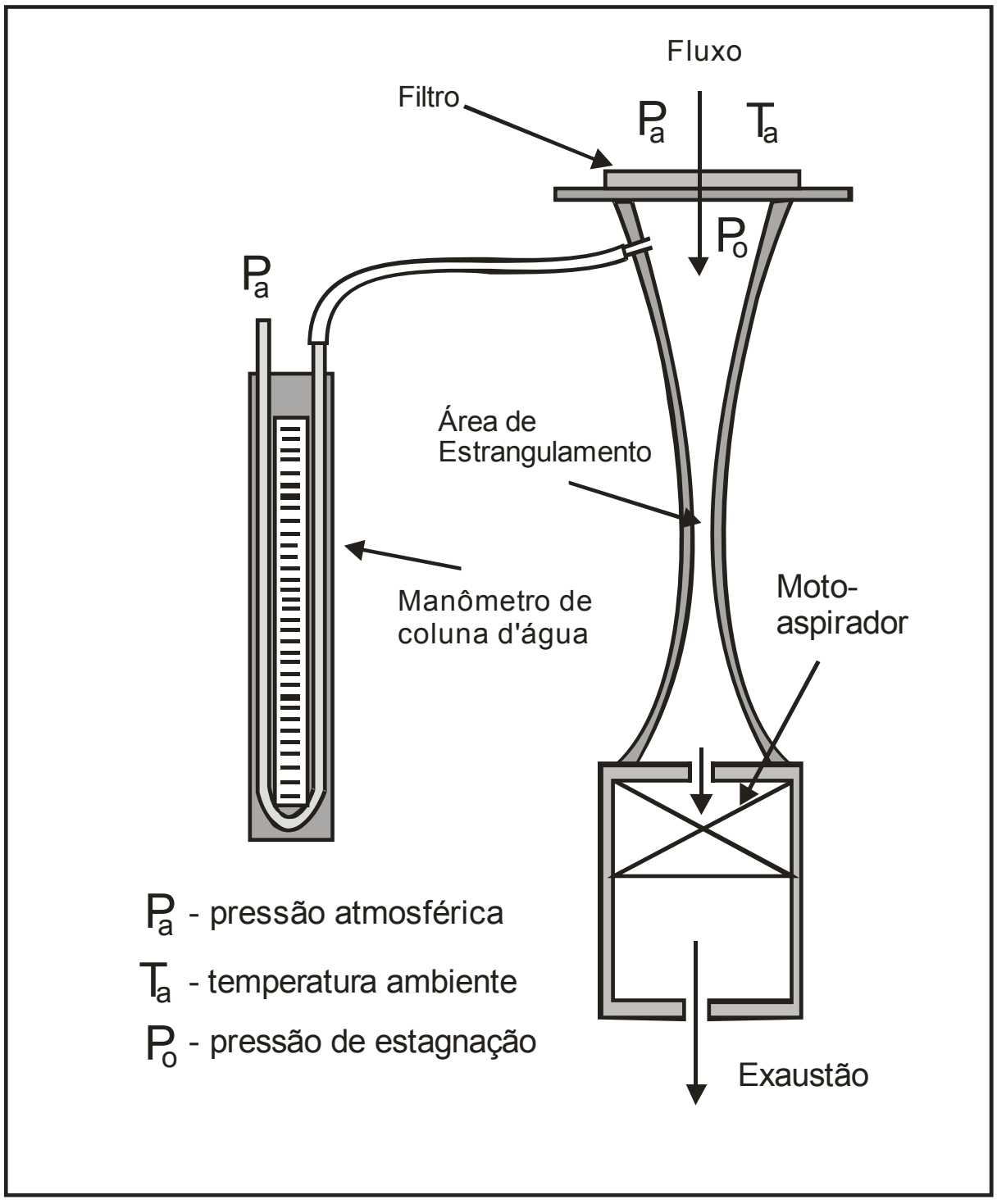


Figura 2.2 – Controlador Volumétrico de Vazão (CVV)
Tipo Venturi

2.5 Padrões e Normas

No Brasil, os Padrões da Qualidade do Ar aplicáveis à medição de partículas totais em suspensão (PTS) com o PTSCVV encontram-se na Portaria Normativa Nº 308, emitida pelo IBAMA em 14 de Março de 1990 e aprovada pelo CONAMA em 29 de Junho de 1990:

Padrões da Qualidade do Ar (CONAMA):

Padrão Primário:
1) Concentração média geométrica anual de 80 microgramas por metros cúbicos ($\mu g/m^3$) de ar.
2) Concentração máxima de 24 (vinte e quatro) horas de 240 microgramas por metros cúbicos ($\mu g/m^3$) de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
Padrão Secundário:
1) Concentração média geométrica anual de 60 microgramas por metros cúbicos ($\mu g/m^3$) de ar.
2) Concentração máxima de 24 (vinte e quatro) horas de 150 microgramas por metros cúbicos ($\mu g/m^3$) de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

As normas mais conhecidas no país para a medição da concentração de PTS são:

- SEMA - Decreto 0123, de 1976 (MINTER)
- FEEMA - Método FEEMA MF 606
- CETESB - Decreto 8.468 de 08/09/76 (Estado de São Paulo)
- ABNT - NBR 9547 - Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente, Determinação da Concentração Total pelo Método de Amostrador de Grande Volume, Set/1997

Todas estas normas foram baseadas na norma da US EPA, "Reference Method for the Determination of Suspended Particulates in the Atmosphere (High Volume Method)", contida no Federal Register 40 CFR 50, Appendix B, USA, versões de 1972 e 1988. Conforme citado na Seção 1.0, a versão de Set/97 do método ABNT substitui a primeira versão do método produzida por aquela associação, com data de Set/86.

A norma da ABNT citada acima, bem como outras pertinentes, está relacionada na Seção 10.0 (Referências).

2.6 Aplicações

As principais aplicações do AGV PTSCVV são:

- Monitoramento da qualidade do ar, pela determinação da concentração de partículas totais em suspensão (PTS);

- Estudos de Impacto Ambiental (RIMA-AIA) para determinar níveis preexistentes da qualidade do ar;

O AGV PTSCVV pode também ser utilizado para outros fins, como por exemplo:

- Análise de poluentes orgânicos (nitratos, sulfatos, amônia, benzopireno), extraindo-se os poluentes do filtro por meio de solventes orgânicos em solução aquosa;

- Análise da presença de metais (Si, Ca, Na, Pb, Zn e outros) por meio de extração ácida ou outras técnicas.

3.0 O EQUIPAMENTO

3.1 O Conjunto Padrão

O AGV PTSCVV é constituído basicamente dos seguintes componentes (ver Figura 3.1):

- Teto de entrada;
- Base do amostrador.

O AGV PTSCVV pode ser fornecido para 110 V ou 220 V, conforme a necessidade do cliente. Dados técnicos do amostrador, tanto para 110 V quanto para 220 V, são apresentados na Tabela 3.1. O calibrador do amostrador é detalhado na Subseção 3.9.

O AGV PTSCVV é normalmente fornecido em uma caixa de embalagem, já montado. Para a operação de amostragem, basta instalá-lo no local preestabelecido, ligá-lo numa tomada, calibrá-lo, colocar um filtro no porta-filtro, colocar uma carta gráfica e uma pena no registrador, programar o timer e dar partida.

3.2 Teto de Entrada

O teto do PTSCVV tem um formato tal que por sua abertura periférica (por baixo dos beirais) só passam, à vazão em torno de 1,22 m^3/min, e dependendo da velocidade e da direção dos ventos incidentes, partículas de até aproximadamente 30 μm de diâmetro (equivalente). **Nota**: O AGV PTS tradicional, com variação da vazão, chega a coletar partículas de 25 a 50 μm.

O teto é preso à base do amostrador por duas dobradiças. Quando em operação, o teto deve estar baixado e com suas beiradas num plano horizontal. Para mantê-lo erguido, há uma escora de alumínio presa no topo da lateral da casinhola, à esquerda do operador. Detalhes do teto são vistos na Figura 2.1 (com vista frontal do amostrador).

Nos EUA, o teto é chamado também de “inlet” (entrada). Usaremos aqui a denominação “teto de entrada”.

3.3 Base do Amostrador (Figura 3.2)

A base do amostrador é constituído dos seguintes componentes:

- Casinhola de abrigo, de alumínio anodizado, com porta, alças de transporte, furo do ventilador e abraçadeira do porta-filtro;
- Porta-filtro, de fibra de vidro, com telas de inox, juntas de borracha, moldura de aperto do filtro e quatro manípulos de aperto;
- Controlador volumétrico de vazão (CVV), tipo venturi;
- Porta-motor, de fibra de vidro, forma cilíndrica, com motoaspirador;
- Painel de controle, com programador diário e semanal de operação (timer), horâmetro, chave liga-desliga, sinaleiro e porta-fusível;
- Registrador contínuo de eventos, com mangueira de tomada de pressão;
- Manômetro de coluna d’água, para tomada da pressão de estagnação (embaixo do filtro);
- Ventilador interno;
- Sistema de alimentação, com cabo de 5 m e tomadas para os plugues do motor do registrador e do ventilador.

Toda a base do amostrador é envolvida por um abrigo de alumínio anodizado. A base tem cerca de 110 cm de altura, 38 cm de largura e 38 cm de fundo. Os componentes principais instalados na base são: a bandeja superior, o conjunto porta-filtro/CVV/porta-motor, o painel de controle, o manômetro de 800 mm e o registrador de eventos. A base também é dotada dos se-

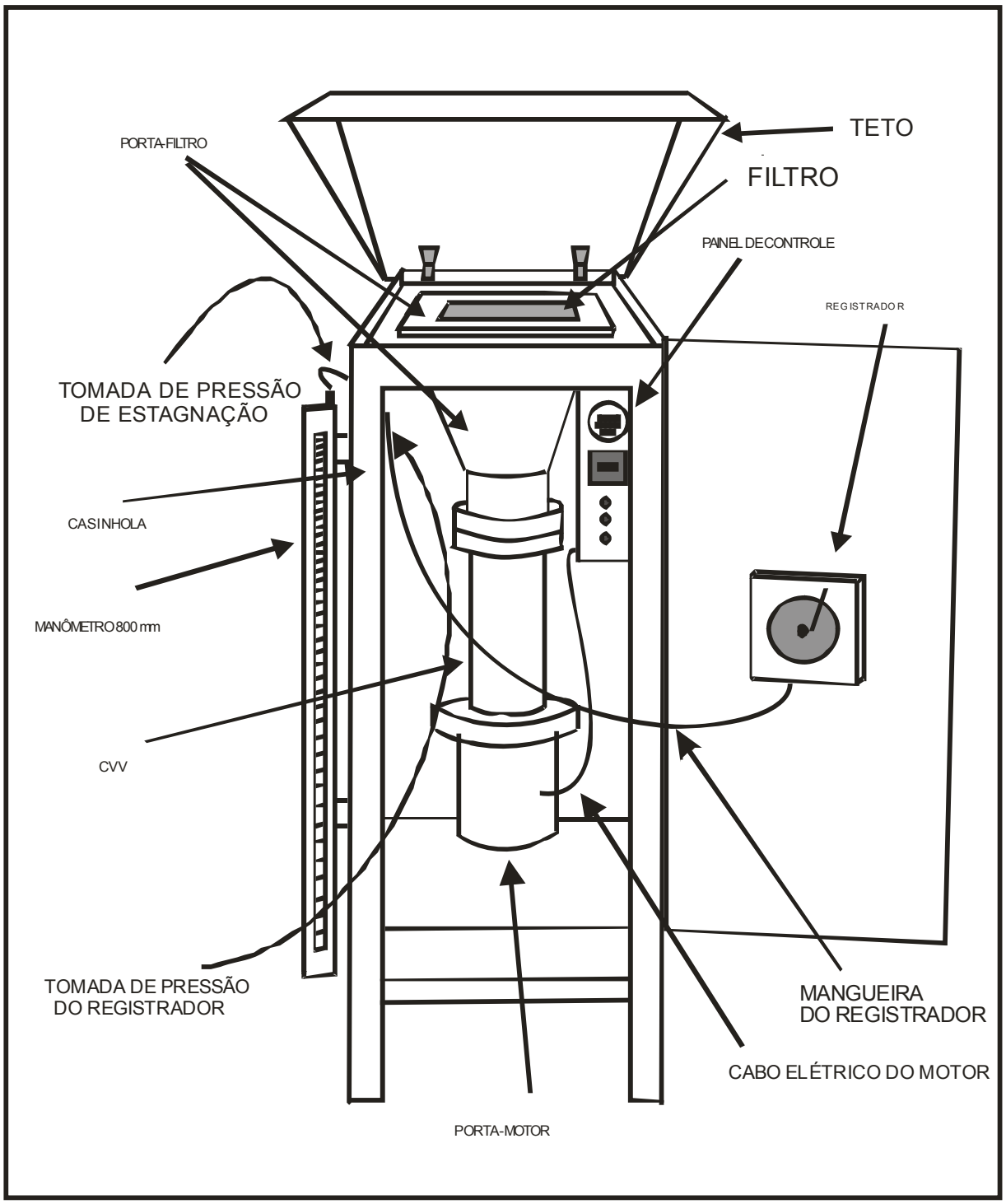


Figura 3.1 – PTSCVV (com porta aberta)

Tabela 3.1 Dados Técnicos do PTSCVV

	110 V	220 V
Casinhola	Alumínio anodizado (12 μm)	Alumínio anodizado (12 μm)
Motoaspirador	Dois estágios, refrigeração direta, 120 V/60 Hz, monofásico, 145 mm de diâmetro	Dois estágios, refrigeração direta, 240 V/60 Hz, monofásico, 145 mm de diâmetro
Vazão	(1,22 ± 10 %) m^3/min	(1,22 ± 10 %) m^3/min
Potência	Em torno de 934 W	Em torno de 941 W
Amperagem	Em torno de 7,9 A	Em torno de 4,4 A
Vácuo	Em torno de 173 cm H_2O	Em torno de 140 cm H_2O
Rotação	Em torno de 23.950 rpm	Em torno de 19.976 rpm
Peso	35 Kg	35 Kg
Altura	137 mm	137 mm
Laterais do teto	47 mm x 47 mm	47 mm x 47 mm
Laterais da base	38 mm x 38 mm	38 mm x 38 mm
Nível do filtro	107 mm	107 mm
Porta-filtro	Para filtros de 203 mm x 254 mm	Para filtros de 203 mm x 254 mm
Tipos de filtros utilizados	Vários (ver normas). Consultar **ENERGÉTICA**	Vários (ver normas). Consultar **ENERGÉTICA**
Registrador de eventos RP4I	Transdutor de pressão, para carta circular de 102 mm de diâmetro, giro de 24 h, 110 V/60 Hz.	Transdutor de pressão, para carta circular de 102 mm de diâmetro, giro de 24 h, 220 V/60 Hz.
Timer	Digital, resolução de 1 seg., com programação semanal, 110 V/60 Hz	Digital, resolução de 1 seg., com programação semanal, 220 V/60 Hz
Horâmetro	Eletromecânico, resolução de 1/100 h, 110 V/ 60 Hz.	Eletromecânico, resolução de 1/100 h, 220 V/ 60 Hz.

guintes componentes menores: uma abraçadeira para sustentação do conjunto porta-filtro/CVV/porta-motor, uma caixa de tomadas elétricas, um tê com adaptadores de pressão, um ventilador, um cabo de força e duas alças para transporte.

3.3.1 Bandeja superior (Figura (3.2)

No topo da casinhola está fixada a bandeja superior, cuja função básica é sustentar o conjunto porta-filtro/CVV/porta-motor. A bandeja é dotada de um furo central retangular, para alojamento do porta-filtro/CVV/porta-motor, e nela estão fixadas uma junta de borracha, periférica, e quatro parafusos basculantes para instalação do porta-filtro no furo central.

3.3.2 Porta-Filtro (Figuras 3.1, 3.2 e 3.3)

O porta-filtro consiste em duas telas de inox engastadas num funil de fibra de vidro. É dotado de quatro rasgos laterais para sua fixação, por parafusos e porcas (manípulos), na bandeja superior. Por cima, recebe a moldura de aperto do filtro. A moldura de aperto é dotada de junta de borracha para vedação. A moldura é apertada mediante quatro manípulos de alumínio.

O porta-filtro do AGV PTSCVV contém também, fixado em uma de suas laterais, para tomada da pressão de estagnação, um adaptador (espigão), que se conecta ao manômetro de 800 mm por meio de um tê e de duas mangueiras (uma no interior da casinhola e outra externa à casinhola).

O porta-filtro é alojado num furo retangular localizado na bandeja rebaixada no topo da base. Não é necessário, mesmo para manutenção do motor e troca de escovas, remover o porta-filtro do seu alojamento.

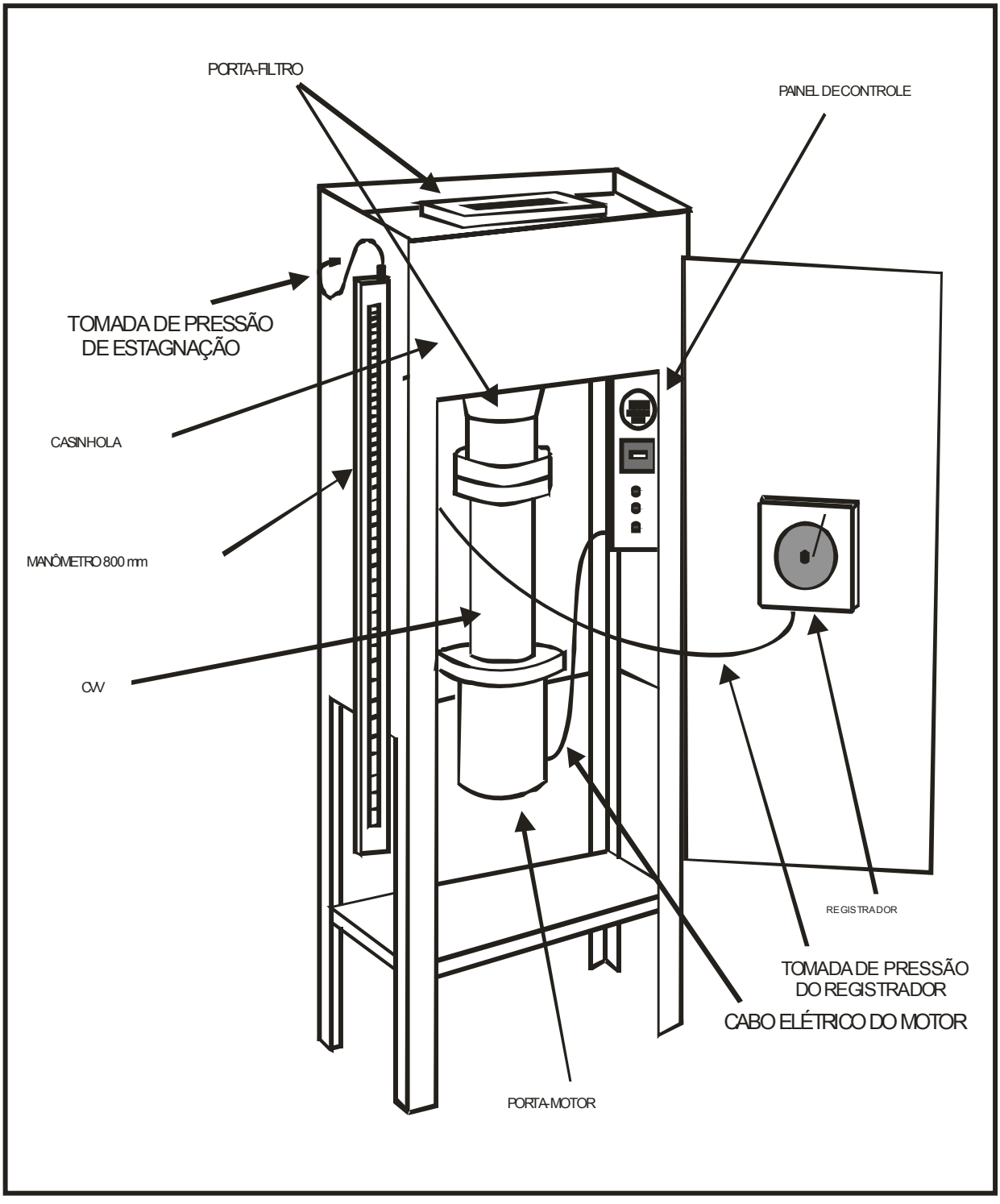


Figura 3.2 – Base do PTSCVV (sem a cabeça)

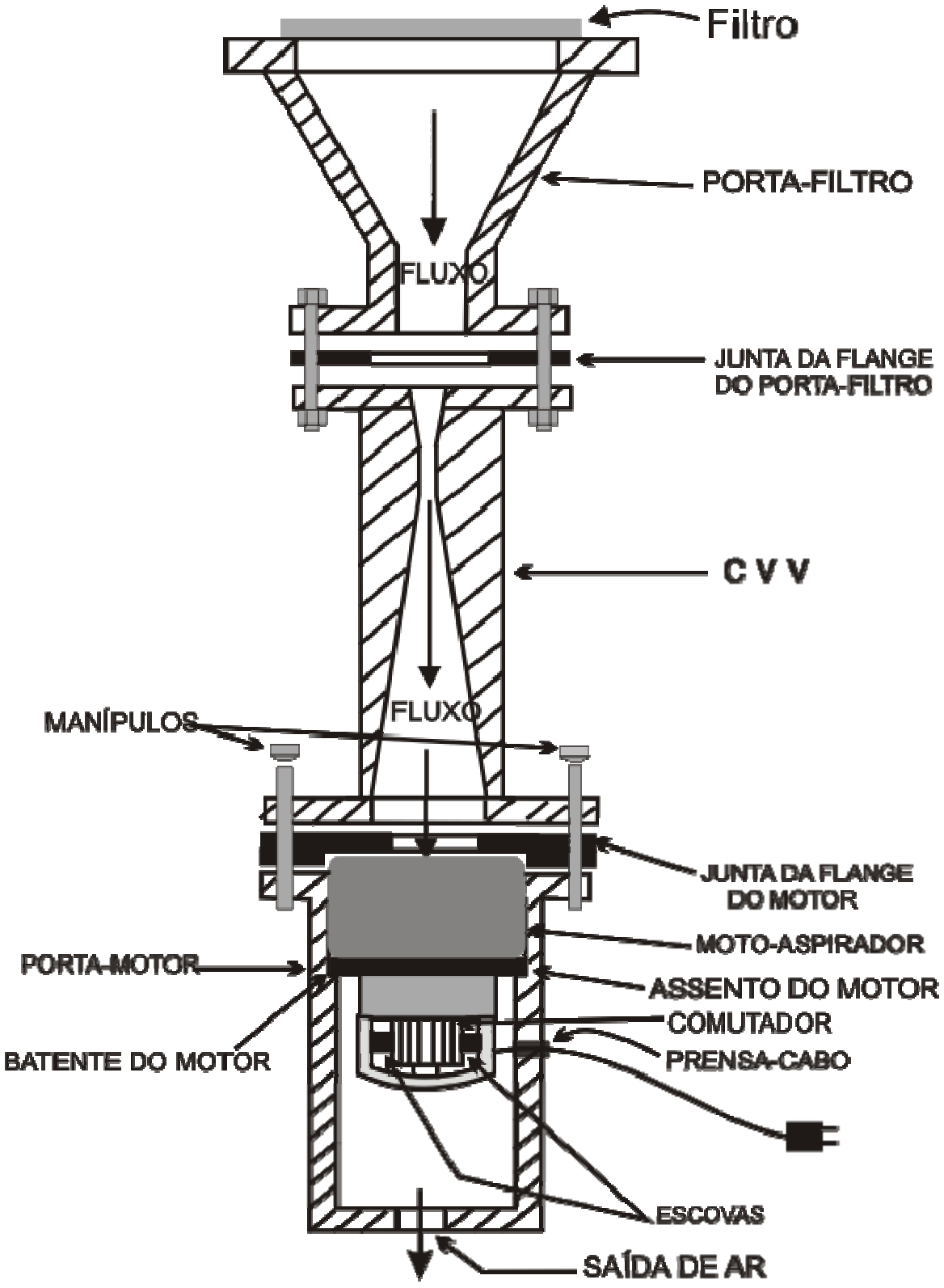


Figura 3.3 Conjunto Porta-Filtro/CVV/Motoaspirador

3.3.3 Controlador Volumétrico de Vazão (CVV) (Figuras 3.1, 3.2 e 3.3)

É do tipo venturi. Não contém peças móveis. Já sai da fábrica ajustado para a vazão de projeto do amostrador [(1,22 $\pm$ 7 %) m^3/min].

O CVV fica inserido entre o porta-filtro e o porta-motor. Sua fixação àqueles dois se dá pelas flanges nas suas duas extremidades. Cada flange é dotada de quatro furos. Os 8 parafusos utilizados para fixação são de inox, enquanto as porcas, na forma de manípulos, são de alumínio anodizado.

3.3.4 Porta-Motor (Figuras 3.1, 3.2 e 3.3)

Consiste em um cilindro de fibra de vidro com flange na sua parte superior, um prensa-cabo à meia altura e um furo central no fundo. É um dos componentes do amostrador desmontado com mais frequência, para a troca das escovas do motor ou do próprio motor. A manutenção do motor e de suas escovas pode ser vista com detalhe na Subseção 9.2.2.

O porta-motor, principalmente durante transporte do amostrador, é mantido preso pela abraçadeira fixada no fundo da casinhola.

Para a remoção do porta-motor, primeiramente solte-o de sua abraçadeira e retire o plugue do motor de sua respectiva tomada na caixa de tomadas e, em seguida, afrouxe os quatro manípulos de alumínio, tendo o cuidado de segurar firmemente o porta-motor com uma das mãos.

3.3.5 Painel de Controle (Figuras 3.1, 3.2 e 9.2)

O painel de controle é de alumínio anodizado e contém, de cima para baixo, os seguintes instrumentos e acessórios: timer, horâmetro, chave liga-desliga, sinaleiro e porta-fusível. Além disso, conta com um plugue de extensão para recebimento da força elétrica e duas tomadas para recebimento dos plugues elétricos da caixa de tomadas (que, por sua vez, recebe os plugues do motoaspirador e do ventilador) e do registrador. Compacto, o painel é fixado no interior da casinhola, à direita do observador, por apenas dois parafusos.

O painel contém quase todo o sistema elétrico do amostrador. Ver o esquema elétrico do amostrador na Figura 9.2.

3.3.6 Manômetro de Coluna d'Água, de 800 mm (Figuras 3.1 e 3.3)

Para a determinação da pressão de estagnação (embaixo do filtro), este manômetro consiste em duas colunas em "U" de tubo de vidro e uma escala com 800 mm, instaladas numa calha de alumínio anodizado. Os terminais são de latão cromado e providos de válvulas. Um dos terminais recebe a mangueira que vem do porta-filtro; o outro, que fica aberto para a atmosfera, recebe uma conexão joelho para evitar a entrada direta da água de chuva. O manômetro é preso, por parafusos, a dois suportes de alumínio fixados na lateral da casinhola.

O líquido do manômetro consiste em água destilada (densidade 1,0), de preferência também deionizada, misturada com um corante para contraste de leitura.

Nota: Ambas as válvulas do manômetro devem ficar sempre fechadas, só sendo abertas para leituras da pressão de estagnação, evitando-se, assim, a entrada indevida de elementos estranhos, como insetos, e a perda do líquido por evaporação.

3.3.7 Registrador Contínuo de Eventos (Figuras 3.1, 3.3 e C.1)

O registrador empregado pela ENERGÉTICA no AGV PTSCVV, ao contrário do registrador utilizado no AGV PTS tradicional, tem a função de apenas registrar eventuais anormalidades du-

rante a operação de amostragem. É, por esta razão, conhecido por Registrador Contínuo de Eventos. Ele não deve, em hipótese alguma, ser utilizado para medição de vazão.

O registrador trabalha por contração do fole, ao contrário do registrador utilizado no AGV PTS tradicional, que trabalha por expansão do fole. No AGV PTSCVV, o registrador é conectado, por meio de uma mangueira, a um adaptador (espigão) fixado na lateral do porta-filtro, "monitorando" assim a pressão de estagnação, a qual, com o equipamento em funcionamento, é sempre inferior à pressão atmosférica, sendo esta a razão para o fole trabalhar em contração.

O registrador do amostrador é ajustado na fábrica de tal modo que a deflexão de pena, com o equipamento em funcionamento, permaneça em torno do 5 da carta gráfica.

Ver detalhes sobre o registrador contínuo no Apêndice C.

3.3.8 Componentes Menores

Ventilador (Figura 3.4)

Instalado dentro da casinhola, o ventilador tem a função de evitar a ocorrência de temperaturas elevadas, provocadas pelo motor em funcionamento no interior da casinhola, colocando em risco o funcionamento adequado dos instrumentos do painel e do registrador.

O ventilador é instalado na chapa de fundo da base e injeta ar externo para o interior da casinhola através de um furo especial feito na própria chapa de alumínio. O furo é provido de tela de inox, para evitar a entrada de insetos e de uma aba de alumínio para proteção contra chuva. O funcionamento do ventilador é concomitante com o do motor, e, ao funcionar, injeta ar em direção aos painel e registrador.

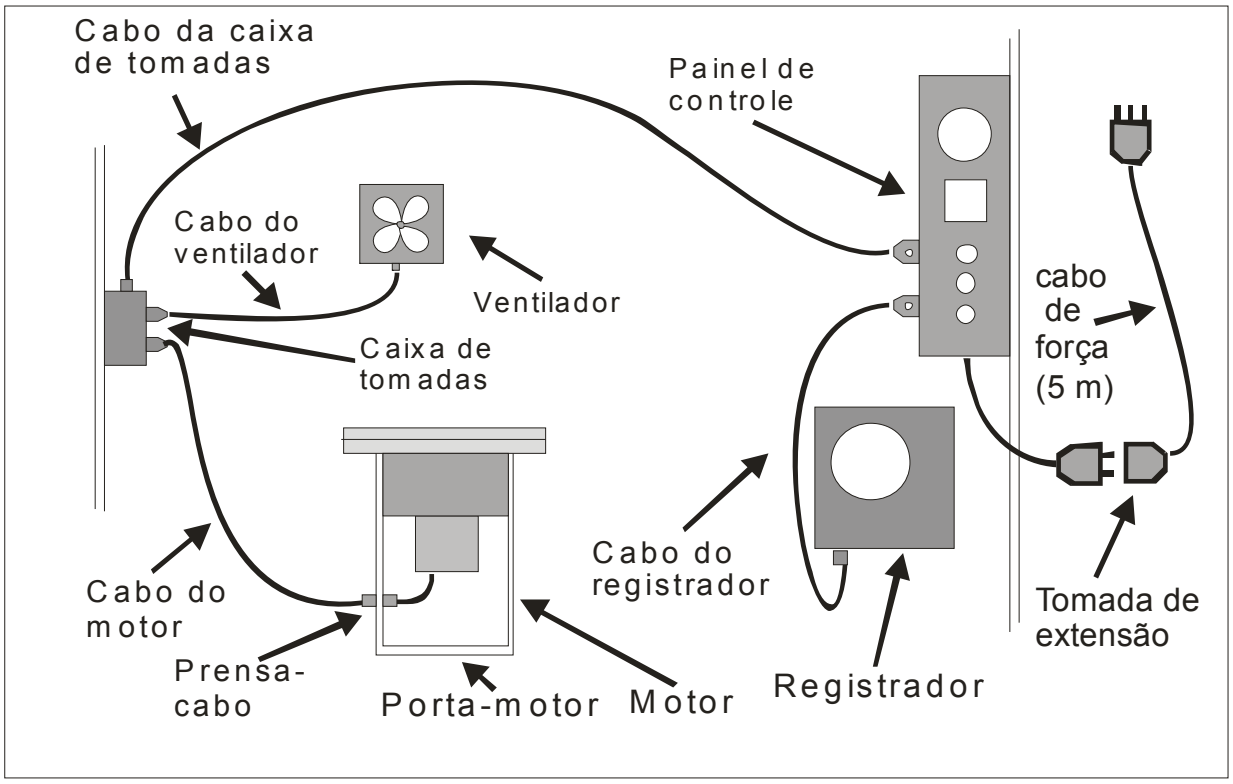
Atenção: O ventilador deve estar sempre funcional.

Abraçadeira do porta-motor. - Dentro da casinhola, à altura do porta-motor (quando instalado), está fixada uma estrutura de alumínio, tipo abraçadeira, cuja finalidade é manter firme, durante transporte do amostrador, o conjunto porta-filtro/CVV/porta-motor. A abraçadeira propriamente dita é forrada de borracha e é dotada de dois parafusos e porcas de aperto.

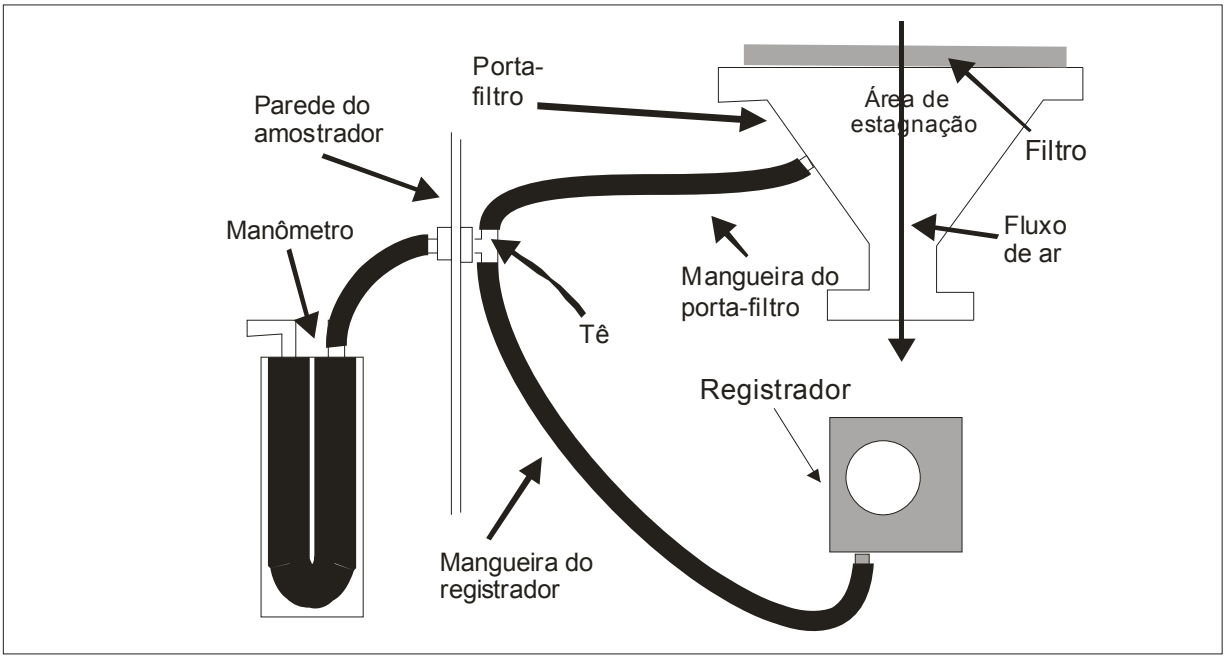
Caixa de tomadas (Figura 3.4). - Também dentro da casinhola, à esquerda do operador, está fixada uma caixa com um plugue de extensão e duas tomadas. O plugue é normalmente instalado numa das duas tomadas do painel de controle (pode ser qualquer uma). Quanto às tomadas, uma é para receber o plugue do motor e a outra, para receber o plugue do ventilador. Estas tomadas são intercambiáveis.

Adaptador da Tomada da Pressão de Estagnação (Figura 3.4). - No lado de fora da casinhola, à esquerda do operador, está fixado um adaptador (espigão) para a tomada da pressão de estagnação. Este adaptador é fixado na parede da casinhola por meio de um tê, visível apenas por dentro da casinhola. Das duas extremidades internas do tê, uma recebe a mangueira que vem do adaptador preso ao porta-filtro e a outra recebe a mangueira que vem do adaptador do registrador de eventos. **Atenção**: Todo o cuidado é pouco com todas essas mangueiras de tomada de pressão; caso contrário, corre-se o risco de erros com as determinações da pressão de estagnação. Nunca deixe o adaptador da tomada de pressão de estagnação aberto para a atmosfera.

Cabo de força (Figura 3.4). - O cabo de força, de 5 m, fornecido com o amostrador, penetra no aparelho através de um prensa-cabo instalado na lateral de fundo. Na sua extremidade interna, o cabo é dotado de uma tomada de extensão, para receber o plugue de alimentação do painel de controle.



CAIXA DE TOMADAS E CABOS ELÉTRICOS



MANGUEIRAS DE TOMADA DE PRESSÃO DE ESTAGNAÇÃO

Figura 3.4 Detalhes Esquemáticos de Ligações Elétricas e Mangueiras De Tomada de Pressão de Estagnação

Suporte do manômetro. - O manômetro de 800 mm é instalado em duas asas de suporte, por sua vez fixadas no lado esquerdo da casinhola. Ele sai, normalmente, instalado da fábrica.

Alças para transporte. - Para transporte do aparelho, estas alças estão localizadas nas duas laterais da casinhola.

Porta. - É dotada de fecho e chave.

3.4 Montagem do PTSCVV

1. Retire o amostrador de sua caixa de embalagem.

2. Certifique-se de que o porta-filtro já está acoplado ao CVV. O acoplamento é por aperto, com quatro parafusos de inox, das respectivas flanges. Verifique se a junta que fica entre as flanges está intacta e no lugar. Ver Figura 3.3.

3. Verifique se a junta do porta-filtro está intacta e colada em redor do furo (retangular) da coroa da base, e, se já não o foi, cuidadosamente insira o conjunto porta-filtro/CVV/porta-motor pelo furo. Certifique-se de que o conjunto fica bem assentado na junta do porta-filtro.

4. Verifique se o motoaspirador está alojado no seu respectivo porta-motor (parte cilíndrica, de fibra de vidro), com seu cabo elétrico devidamente apertado no prensa-cabo do porta-motor. Verifique se a junta do topo do motor está alojada no rebaixo circular no fundo do CVV e se porta-motor (com o motoaspirador dentro) está acoplado à flange inferior do CVV. Verifique se os quatro parafusos prisioneiros da flange do porta-motor estão enfiados por dentro dos quatro furos da flange inferior do CVV. Verifique se os quatro manípulos de alumínio estão rosqueados nos parafusos prisioneiros. Verifique se os manípulos de aperto estão apertados uniformemente, certificando-se de que não haja vazamento entre o CVV e o motoaspirador. Não aperte em demasia, pois pode danificar as juntas das flanges.

5. Verifique se a mangueira do porta-filtro está conectada entre o adaptador (espigão) fixado ao lado do porta-filtro e o tê instalado no interior da casinhola (lado esquerdo do operador). Em seguida, verifique se a mangueira do registrador contínuo está conectada entre o adaptador do registrador e o adaptador do mesmo tê mencionado acima. Certifique-se de que ambas as mangueiras estejam bem conectadas, a fim de evitar vazamentos. Ver Figura 3.4 com detalhes.

6. Certifique-se que os plugues do motoaspirador e do ventilador estejam instalados nas duas tomadas da caixa de tomadas fixada dentro da casinhola (lado esquerdo do operador) e de que o plugue da caixa de tomadas esteja instalado numa das tomadas do painel de controle. Em seguida, faça o mesmo com o plugue do registrador, encaixando-o na outra tomada do painel.

7. Verifique se o manômetro de 800 mm está instalado ao lado do amostrador, fixado, por parafusos e porcas, nos seus respectivos suportes de alumínio. Cheque a mangueira do manômetro, verificando se uma extremidade está conectada a um dos adaptadores (espigões) do manômetro e a outra, conectada ao adaptador da tomada da pressão de estagnação, preso ao lado (externo, à esquerda do operador) da casinhola. Certifique-se que não haja vazamentos entre as conexões da mangueira.

   Lembre-se de que se deve abrir as duas torneiras do manômetro apenas quando se for fazer leituras da pressão diferencial. Deixá-las abertas todo o tempo permitirá a entrada de insetos e de sujeira, bem como a evaporação do líquido.

8. Caso o amostrador esteja sendo instalado no seu local definitivo, não se esqueça de ancorá-o firmemente no seu pedestal.

9. Levante o teto de entrada e mantenha-o aberto com a escora de suporte já instalada na lateral do topo da base (lado direito do operador).

10. Coloque um filtro no amostrador. Ligue o amostrador e certifique-se que a pena do registrador se desloca para a direita na escala. Com as torneiras do manômetro abertas, verifique se o fluido se move. Contacte a ENERGÉTICA, caso suspeite de algum defeito.

11. Desligue o amostrador. Seguindo as instruções dos Apêndices A e B, faça a programação no timer e tome a leitura do horâmetro, caso necessário.

12. Caso necessário, realize testes de estanqueidade e calibração.

13. Baixe o teto de entrada e feche a porta do amostrador.

3.5 Energização do Amostrador

A energização do amostrtador se dá em três estágios:

1) **Ligação na tomada de alimentação. -** O amostrador vem com um cabo de extensão de 5 m, tendo, numa extremidade, um plugue grande de dois pinos e terminal para terra e, na outra, uma tomada de prolongamento para receber um plugue menor que se estende da traseira do painel de controle. A função deste segundo plugue é facilitar a desmontagem do painel para reparo do sistema elétrico. Portanto, certifique-se, de início, que ambos os plugues estejam devidamente encaixados.

2) **Chave liga-desliga. -** Localizada no painel, a chave, quando ligada (para cima), deixa o sistema em condições de se energizar. Quando o timer já está programado para acionar o amostrador, todos os consumidores (motor, registrador, horâmetro e ventilador) se energizam ao se ligar a chave. O timer digital já é energizado por uma bateria embutida, a fim de não parar o "clock" de seu sistema. O sinaleiro logo abaixo da chave indica, quando aceso, que o sistema está ligado. Um porta-fusível, abaixo do sinaleiro, serve para proteção. Recomenda-se usar fusível de 15 A (para 110 V) ou de 7 A (para 220 V). Caso ligar a chave e o sinaleiro não acender, sugere-se ao usuário verificar primeiramente se o fusível está bom e bem encaixado. Se não houver erro com o fusível, o usuário deve então checar a alimentação.

3) **Acionamento do timer. -** Quando acionado, o timer liga, simultaneamente, o motor, o registrador, o horâmetro e o ventilador. Normalmente, o timer liga e desliga automaticamente, conforme programação prévia. Entretanto, ele pode ser ligado e desligado manualmente, a qualquer momento que se queira.

3.6 Voltagem Adequada

Um requisito importante para que o CVV funcione adequadamente, ou seja, que mantenha a vazão de projeto, é que o vácuo a jusante do venturi permaneça acima de um certo mínimo e isto depende das boas condições do motoaspirador e de sua tensão de alimentação.

A voltagem nominal do motor empregado no amostrador é de 120 V (ou 220 V), sendo, portanto, ideal a manutenção da tensão de linha em torno de 120 V (220 V). Até 115 V (ou 210 V), é tolerável; entretanto, abaixo de 110 V (ou 200 V), corre-se o risco de que as condições “quase críticas” para o funcionamento do venturi não sejam suficientes. Por outro lado, deve-se evitar tensões de linha elevadas, acima de 127 V (ou 238 V), por exemplo. Além de serem desnecessá-

rias ao bom funcionamento do CVV, tensões elevadas encurtam a vida útil do motor e de suas escovas.

3.7 Controle do tempo

O amostrador é normalmente usado para coletas de 24 horas.

Controla-se o tempo de coleta programando-se o timer para energizar e desenergizar o amostrador no horário desejado. É bom lembrar que o timer tem apenas a função de ligar e desligar o aparelho. O timer do amostrador é digital, de alta precisão.

O registrador contínuo de eventos dá um giro completo em 24 horas.

Tanto o timer quanto o registrador dão também indicação do tempo de amostragem. Entretanto, estas indicações não têm valor formal. Formalmente, o tempo decorrido de amostragem é apenas aquele indicado pelo horâmetro, que indica o tempo cumulativamente e com grande precisão (em centésimo da hora). O horâmetro é também útil na determinação do tempo acumulado do uso do motor e de suas escovas, o que facilita a realização de um programa de manutenção preventiva.

Detalhes sobre o horâmetro são apresentados no Apêndice B.

3.8 Volume de Ar Amostrado

O volume é dado de maneira indireta: vazão média durante o tempo decorrido de coleta multiplicada pelo tempo decorrido de coleta. Ver a Equação 2.2. Ver, no Capítulo 8, o procedimento de cálculo do volume de ar amostrado.

3.9 Calibrador Padrão de Vazão (CPV)

Nas normas americanas, o sistema empregado para calibração da vazão de um AGV tem o nome inglês de "flow-rate transfer standard", que poderia ser traduzido por "padrão de transferência de vazão". No Brasil, o calibrador tem sido, há anos, conhecido popularmente pelo termo "kit de calibração". Aqui neste manual achamos por bem adotar o termo CPV, ou seja, as iniciais de Calibrador Padrão de Vazão, como é identificado na nova versão da norma NBR 9547.

Há dois tipos comuns de CPV disponíveis (ambos do tipo orifício): um com um conjunto de placas de resistência fixas e outro com uma válvula de resistência variável.

O CPV fabricado pela ENERGÉTICA é do tipo simples, com placas múltiplas. Ele é fornecido com um copo com um orifício, uma placa adaptadora (para instalação no amostrador), um certificado de calibração do copo de orifício, um conjunto de cinco placas circulares de resistência, respectivamente com 8, 9, 10, 13 e 18 furos, um manômetro de coluna contendo um líquido indicador de densidade 1,0 e com 400 mm na escala e uma mangueira flexível para ligação do copo de orifício ao manômetro. Ver Figura 3.5 com um croqui do CPV ENERGÉTICA.

Nota: O CPV utilizado na calibração do AGV PTSCVV é idêntico ao utilizado na calibração do AGV PTS, à exceção das placas de resistência empregadas. Enquanto no AGV PTS emprega-se as tradicionais placas de 5, 7, 10, 13 e 18 furos, no AGV PTSCVV omite-se as placas de 5 e 7 furos e acrescenta-se as de 8 e 9 furos. Ficam, portanto, as placas de 8, 9, 10, 13 e 18 furos.

Ressalta-se que o CPV fornecido pela ENERGÉTICA não inclui nem o termômetro nem o barômetro, pois supõe-se que o cliente já os possui.

A metodologia de calibração do CPV é apresentada no Apêndice E.

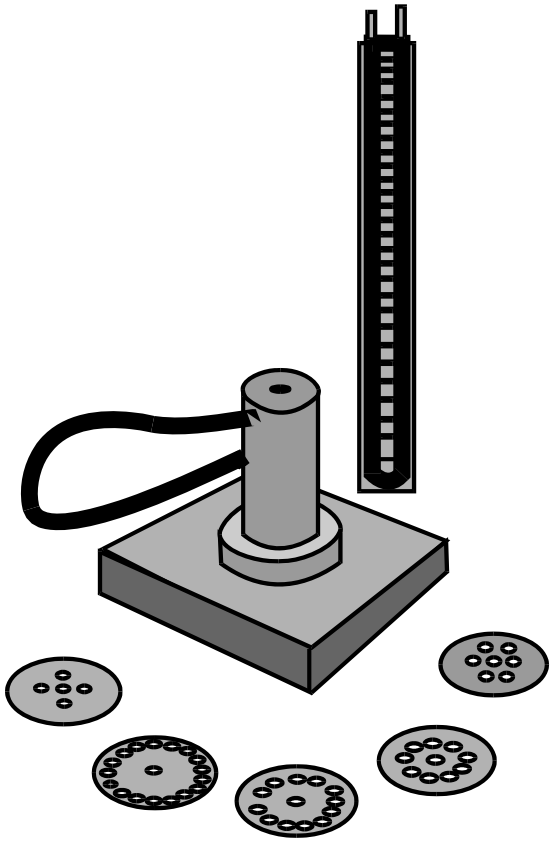


Figura 3.6 Croqui do CPV ENERGÉTICA

No croqui vê-se a placa adaptadora, o copo de orifício e a mangueira que vem do manômetro em U e as placas de resistência. Nota: São utilizadas, normalmente, cinco placas na calibração do AGV PTSCVV
Para a colocação de cada placa, remove-se o copo de orifício, coloca-se a placa sobre a junta de vedação e em seguida recoloca-se o copo pressionando-o à placa com o conjunto macho-fêmea rosqueado de acoplamento.
No desenho, o manômetro em U, em posição vertical, está com seu líquido em posição zerada. O terminal com espigão recebe a mangueira que vem do copo do orifício. O outro terminal fica aberto para a atmosfera durante a operação. O cursor com a escala pode ser deslocado, pelo usuário, para cima e para baixo. Ele tem, no centro, uma porca redonda que serve para aperto e como manípulo. As duas torneiras nos terminais são para impedir que se derrame o líquido, quando o manômetro não estiver em uso.
Deve-se ressaltar que o copo de orifício é o componente primordial do CPV, pois é pelo orifício que passa a vazão que funciona como padrão. Portanto, o orifício, devido à sua importância, deve ser protegido contra impacto ou qualquer outra ação que altere a sua geometria. Caso venha a ocorrer alteração, por menor que seja, o copo com orifício tem que ser enviado para recalibração.

3.10 Testes de Estanqueidade

Os testes de estanqueidade devem ser realizados antes de cada calibração (ver Subseção 4.3 para detalhes) ou quando se tornar necessário por outra razão. Deve-se proceder da seguinte maneira:

1. Monte o sistema de calibração conforme ilustrado na Figura 4.2. O AGV PTSCVV é calibrado sem filtro instalado. A perda de carga do filtro em operação é simulada com um calibrador padrão de vazão (CPV). Quando for instalar a placa adaptadora do CPV na tela de suporte do filtro, aperte bem os manípulos, em cantos alternados, de modo a impedir vazamentos e a obter aperto uniforme. O aperto deve ser à mão; compressão em demasia pode danificar a junta. Certifique-se de que a junta do CPV esteja entre a placa adaptadora e o CPV. Instale o CPV na placa adaptadora, certificando-se de que o anel de aperto fica bem rosqueado.

2. Tape, com uma fita adesiva reforçada, o orifício do CPV. Utilize uma ou mais tiras de fita, se necessário. Feche ambas as válvulas (torneiras) do manômetro de 400 mm (associado ao CPV) e ambas as válvulas do manômetro de 800 mm (associado ao amostrador). Com as válvulas fechadas, os fluidos não se movimentam. Verifique, pela porta da casinhola, se a mangueira que conecta a tomada de pressão do porta-filtro (para monitorar a pressão de estagnação) está conectada à conexão tê de tomada de pressão (fixada na lateral interna da parede da casinhola, à esquerda do operador). Caso não esteja, conecte-a. Verifique também, dentro da casinhola, se a mangueira do registrador está conectada à mesma conexão tê. Igualmente, caso não esteja, conecte-a. Agora, do lado de fora da casinhola, verifique se a mangueira da tomada de pressão de estagnação (ligada ao tê interno) está conectada ao manômetro de 800 mm. Caso não esteja, conecte-a.

   Atenção: antes de ligar o amostrador, certifique-se **mesmo** de que todas as válvulas de ambos o manômetro de 400 mm e manômetro de 800 mm estejam fechadas. Caso estiverem abertas, corre-se o risco de que, na hora do teste de estanqueidade, os líquidos dos manômetros sejam sugados pelo motoaspirador.

3. Ligue então o amostrador. Em seguida, sacuda levemente o copo do CPV e verifique se não ocorre um som de assovio, indicativo de que há vazamento no sistema. Vazamento geralmente ocorre por aperto inadequado da placa adaptadora no porta-filtro ou do CPV na placa adaptadora, ou por juntas - da placa adaptadora e do CPV - desgastadas. Troque as juntas caso estejam desgastadas.

4. Caso não haja vazamentos no sistema, desligue o amostrador e retire a fita adesiva que está bloqueando o orifício do CPV.

   Atenção: cuidado para não queimar o motor. Lembre-se de que ele é de refrigeração direta; portanto, seja rápido.

5. Inspecione as mangueiras dos manômetros e veja se não há quebras e dobras. Com as torneiras dos manômetros abertas, ligue o amostrador momentaneamente e verifique se o fluido se movimenta livremente. Ajuste as escalas dos manômetros, de modo que os zeros coincidam com os fundos dos meniscos.

6. Prossiga com a calibração do amostrador, conforme a Subseção 4.3.

4.0 PROCEDIMENTOS DE CALIBRAÇÃO

Antes de se iniciar um programa de monitoramento, é essencial calibrar adequadamente os instrumentos de amostragem e de laboratório. Visto de uma maneira geral, para que os resultados das amostragens sejam válidos, tem-se que manter devidamente calibrados os seguintes instrumentos:

- Da calibração do amostrador
  - CPV (calibrador padrão de vazão)

- Do amostrador:
  - O CVV (vazão operacional)
  - O horâmetro (tempo decorrido de amostragem)
  - O timer (programação de liga-desliga do amostrador)
  - O registrador contínuo de eventos

- Do laboratório:
  - A balança (pesagem dos filtros)
  - O higrômetro (controle da umidade na câmara de condicionamento dos filtros)
  - O termômetro (temperaturas na calibração e operação do amostrador e no condicionamento dos filtros)
  - O barômetro (pressões na calibração e operação do amostrador)

Neste manual, a calibração do CPV será abordado na Subseção 4.2; a do CVV, na Subseção 4.3; e as de todos os outros instrumentos associados, na Subseção 4.4.

4.1 Considerações Preliminares

4.1.1 Medidas de Vazão

É de praxe monitorar a vazão operacional do amostrador em termos de unidade de vazão volumétrica real (Q_r), e, posteriormente, corrigi-la para unidades de vazão volumétrica padrão (Q_p), em condições padrão de temperatura e pressão, para o cálculo das concentrações de PTSCVV. Assim, ambas as vazões Q_r e Q_p são usadas nas medições de PTS. Antes de se iniciar os procedimentos de calibração, deve-se atentar para as seguintes designações de medida de vazão:

- Q_r: Vazão volumétrica real de ar, medida e expressada nas condições existentes de pressão e temperatura e simbolizada por Q_r. A unidade mais usada é o m^3/min. A vazão de projeto de um AGV PTSCVV é sempre dada em unidades de vazão volumétrica real.

- Q_p: Vazão de ar corrigida para vazão volumétrica padrão equivalente em condições padrão de temperatura e pressão (25 °C ou 298 K e 760 mm Hg) e simbolizada por Q_p. A unidade mais usada é o m^3/min padrão. Para a apresentação oficial de medidas de MP_{10}, são exigidos volumes padrão (derivados de vazões volumétricas padrão) no cálculo da concentração mássica de MP_{10} ($\mu g/m^3$ padrão).

As unidades de medida de Q_r e Q_p não devem ser confundidas e intercambiadas. As unidades de vazão podem ser convertidas como segue, contanto que a temperatura e a pressão existentes (ou, em alguns casos, a temperatura e a pressão médias durante um período de amostragem) sejam conhecidas:

$$Q_p = Q_r \left(\frac{P_a}{P_p} \right) \left(\frac{T_p}{T_a} \right) \qquad \text{(Eq. 4.1)}$$

$$\overline{Q_p} = \overline{Q_r}\left(\frac{P_m}{P_p}\right)\left(\frac{T_p}{T_m}\right) \qquad \text{(Eq. 4.2)}$$

$$Q_r = Q_p\left(\frac{P_p}{P_a}\right)\left(\frac{T_a}{T_p}\right) \qquad \text{(Eq. 4.3)}$$

onde:

Q_p = vazão volumétrica padrão, m^3/min padrão
Q_r = vazão volumétrica real, m^3/min real
P_a = pressão barométrica ambiente, mm Hg
P_p = pressão barométrica padrão, 760 mm Hg
T_p = temperatura padrão, 298 K
T_a = temperatura ambiente, K (K = °C + 273)
$\overline{Q_p}$ = vazão volumétrica padrão média para o período de amostragem, m^3/min
$\overline{Q_r}$ = vazão volumétrica real média para o período de amostragem, m^3/min
P_m = pressão barométrica ambiente média durante o período de amostragem, mm Hg
T_m = temperatura ambiente média durante o período de amostragem, K

4.1.2 Condições de Temperatura e Pressão

A rigor, as determinações da vazão operacional do AGV PTSCVV teriam que ser realizadas tendo-se, à disposição, as estimativas de temperatura (T_m) e pressão (P_m) médias individuais para cada período de 24 horas de amostragem. A obtenção de P_m e T_m não é uma tarefa fácil numa amostragem de 24 horas, a não ser que o usuário possua registros contínuos dos dois índices meteorológicos no local, que possibilitem obter-se as médias durante a amostragem.

Felizmente, os erros decorrentes das flutuações diárias da temperatura ambiente e da pressão barométrica são relativamente pequenos, comparados com os efeitos da altitude na pressão barométrica e das alterações sazonais na temperatura ambiente, de modo que é possível utilizar-se, em muitas regiões, onde as alterações de temperatura e pressão não são muito bruscas, as médias sazonais, semestrais ou mesmo anuais.

A pressão barométrica média para o local pode ser estimada a partir da altitude do local, usando-se, para isso, uma tabela de pressão-altitude ou reduzindo-se a pressão ao nível do mar, de 760 mm Hg, em 8,8 mm Hg para cada 100 m de altitude. Por exemplo, a 500 m de altitude, a pressão barométrica seria de aproximadamente 716 mm Hg. A pressão média pode também ser determinada tirando-se a média de leituras no local com um barômetro ou de medidas de uma estação meteorológica ou aeroportos próximos (pressão da estação, não corrigida) durante vários meses. A US EPA recomenda que não se considere, para a pressão barométrica num local, valores que se desviem em mais de 40 mm Hg da pressão verdadeira para aquele local (ver Ref. 3 da Seção 10.0).

A temperatura média sazonal (ou semestral, ou anual), T_s, para um local pode ser estimada a partir de leituras de temperatura no local ou dos registros de estações meteorológicas próximas durante o período sazonal. De preferência, a temperatura média deve refletir a temperatura na hora ou dia no qual o registrador é normalmente lido. Contudo, é aceitável uma média determinada a partir de registros de médias diárias (24 horas) da temperatura. Para alguns locais - em áreas tropicais ou equatoriais, por exemplo - é suficiente uma temperatura média (anual); em outros, são suficientes duas temperaturas médias (verão e inverno); porém, para locais onde as alterações climáticas são severas, podem ser necessárias quatro temperaturas médias sazonais para acomodar as alterações. De preferência, conforme a US EPA (Ref. 3, Seção 10.0), a temperatura média sazonal (ou semestral, ou anual) deve geralmente situar-se dentro de ± 15 °C (ou mesmo a ± 20 °C) da temperatura ambiente local no momento da leitura do registrador. Caso

as alterações diárias da temperatura no local sejam muito drásticas, impedindo-a de ser representada por uma média sazonal (para ± 15 °C, ou mesmo ± 20 °C), deve-se obter as correções reais da temperatura toda vez que se for ler a vazão.

Nota: É exigida a consistência das unidades de temperatura e pressão barométrica. É recomendado que todas as temperaturas sejam expressadas em graus Kelvin (K = °C + 273) e que todas as pressões barométricas sejam expressadas em mm Hg. Evite calibrar o AGV PTSCVV usando um conjunto de unidades e depois realizar os cálculos da amostragem usando um outro conjunto de unidades.

4. 2 Calibração do Calibrador Padrão de Vazão (CPV)

Ver detalhes técnicos do CPV na Subseção 3.9.

Utilizado na calibração do CVV, o CPV é um padrão de transferência de vazão, calibrado, por sua vez, contra um medidor padrão de volume (MPV) de deslocamento positivo (tipo Roots, por exemplo), também secundário, rastreável a um padrão primário.

A calibração do CPV deve resultar numa relação Q_r (vazão em condições reais) versus dH_c (pressão diferencial manométrica), relação esta na forma de uma reta, definida por uma inclinação a_1 e um intercepto b_1. A equação da reta tem a forma:

$$Q_r\,(CPV) = \frac{1}{a_1}\left[\sqrt{dH_c\left(\frac{T_2}{P_2}\right)} - b_1\right] \qquad \text{(Eq. 4.4)}$$

onde:

$Q_r\,(CPV)$ = vazão volumétrica real conforme indicada pelo CPV, m^3/min
dH_c = perda de carga através do orifício, cm H_2O
T_2 = temperatura ambiente durante uso, K (K = °C + 273)
P_2 = pressão ambiente, mm Hg
a_1 = inclinação da relação de calibração do CPV
b_1 = intercepto da relação de calibração do CPV

Detalhes do procedimento de certificação do CPV são apresentados no Apêndice E.

A ENERGÉTICA fornece, com o CPV, um certificado, com os dados da calibração e a equação da reta obtida por regressão linear. Um exemplo do certificado do CPV emitido pela ENERGÉTICA é visto na Figura E.5 do Apêndice E. O certificado é válido tanto para a calibração de AGV PTS (calibração em condições padrão) quanto para a calibração de AGV MP_{10}, AGV $MP_{2,5}$ e AGV PTSCVV (calibração em condições reais). Para os três últimos AGVs, entrar na Página 3/4 do certificado e pegar os valores de a_1, b_1 e r_1 na coluna da esquerda da página. No exemplo da Figura E.5, a_1 = 1,878, b_1 = -0,036 e r_1 = 0,999. **Nota**: O fator de correlação r_1.é explicado no Apêndice F.

De acordo com a NBR 13412 (Ref. 2), o CPV deve ser calibrado na sua aquisição e, subsequentemente, recalibrado em intervalos de um ano. Os copos de orifício do CPV devem ser inspecionados visualmente antes de cada aplicação. Sinais de amassaduras no orifício implica recalibração ou mesmo sucateamento do copo.

4.3 Calibração do CVV

Conforme já sabemos, o CVV deverá, durante a operação do amostrador, manter a vazão real (Q_r) em (1,22 ± 7 %) m^3/min. A vazão Q_r é função da temperatura ambiente (T_m) e da taxa da pressão de estagnação pela pressão barométrica no local (P_o/P_m), onde P_o é a pressão de ar dentro do amostrador, na área justamente sob o filtro. Na prática, a vazão Q_r é determinada por meio da seguinte equação na forma de uma reta (ver Equação 2.4):

$$Q_r = \frac{1}{a_2}\left(\frac{P_o}{P_m} - b_2\right)\sqrt{T_m} \qquad \text{(Eq. 2.4)}$$

Os valores de a_2 e b_2 são obtidos por regressão linear a partir da reta:

$$\frac{P_o}{P_2} = a_2\left[\frac{Q_r(CPV)}{\sqrt{T_2}}\right] + b_2 \qquad \text{(Eq. 4.5)}$$

onde $Q_r(CPV)$ é a vazão obtida com o CPV (durante a calibração), P_o é a pressão de estagnação lida no manômetro, e P_2 e T_2 são, respectivamente, a pressão barométrica e a temperatura ambiente durante a calibração.

O resultado da calibração é, portanto, um par de valores para a_2 e b_2. Ver, na Seção 4.3.3, o procedimento da geração de uma relação de calibração. Entretanto, a ENERGÉTICA, em vez de simplesmente fornecer a_2 e b_2, fornece, para cada amostrador, uma Tabela de Vazão, onde Q_r é apresentada em forma tabular, em função da temperatura T_m e da taxa de pressão P_o/P_m. Exemplos de cálculos, tanto a partir da equação quanto a partir da tabela, são apresentados na Subseção 8.2.

O usuário é obrigado, de tempo em tempo, a verificar a relação de calibração, seja esta na forma de equação, seja na forma de tabela. Os procedimentos de verificação são apresentados na Subseção 4.3.4. A frequência das verificações/calibrações é objeto da Subseção 4.3.6.

4.3.1 Considerações Preliminares

Algumas considerações importantes antes de iniciar os procedimentos de calibração:

1. A vazão Q_r é afetada pelo tipo de filtro empregado na amostragem, visto que a pressão de estagnação P_o é a diferença entre a pressão atmosférica (P_m) e a perda de carga no filtro (dH_f) durante a operação normal do amostrador. dH_f é dada pela pressão diferencial lida no manômetro de 800 mm de coluna d'água, instalado ao lado do MP_{10}.

   Nota: A ENERGÉTICA oferece normalmente três modelos/marcas de filtros para amostragem de partículas, sendo dois de fibra de vidro e um de microquartzo. As perdas de carga (dH_f) do filtro podem variar de marca para marca e, para cada marca, de lote para lote, na faixa de 30 a 50 cm H_2O. Entretanto, a despeito destes valores discrepantes, todos os filtros podem ser utilizados, pois a vazão no CVV é adequadamente mantida na faixa de vazão de projeto do amostrador.

2. Lembre-se que o AGV PTSCVV tem que ser calibrado nas condições reais de pressão e temperatura. Portanto, quando consultar o certificado de calibração do CPV (ver Figura E.5 do Apêndice E), pegue os valores de a_1, b_1 e r_1 na coluna da esquerda.

3. A calibração do CVV pode ser afetada por alterações na voltagem de linha, particularmente se esta estiver abaixo de 115 V. Por esta razão, o amostrador deve sempre ser calibrado no local de amostragem. Além disso, caso a voltagem de linha no local for baixa e tenda a flutuar significativamente, recomenda-se utilizar um estabilizador de voltagem. Também, certifique-se de que o motoaspirador de reposição é do tipo correto. Evite usar motoaspirador de amperagem mais baixa, como o utilizado no AGV PTS tradicional.

4. Não tente calibrar o amostrador em condições de muito vento. Flutuações rápidas da velocidade poderão acarretar variações nas leituras de pressão do manômetro do CPV. A calibração será menos precisa por causa das variações de pressão. Utilize um anteparo, caso haja muito vento.

Ver exemplo do esquema de calibração do amostrador na Figura 4.1.

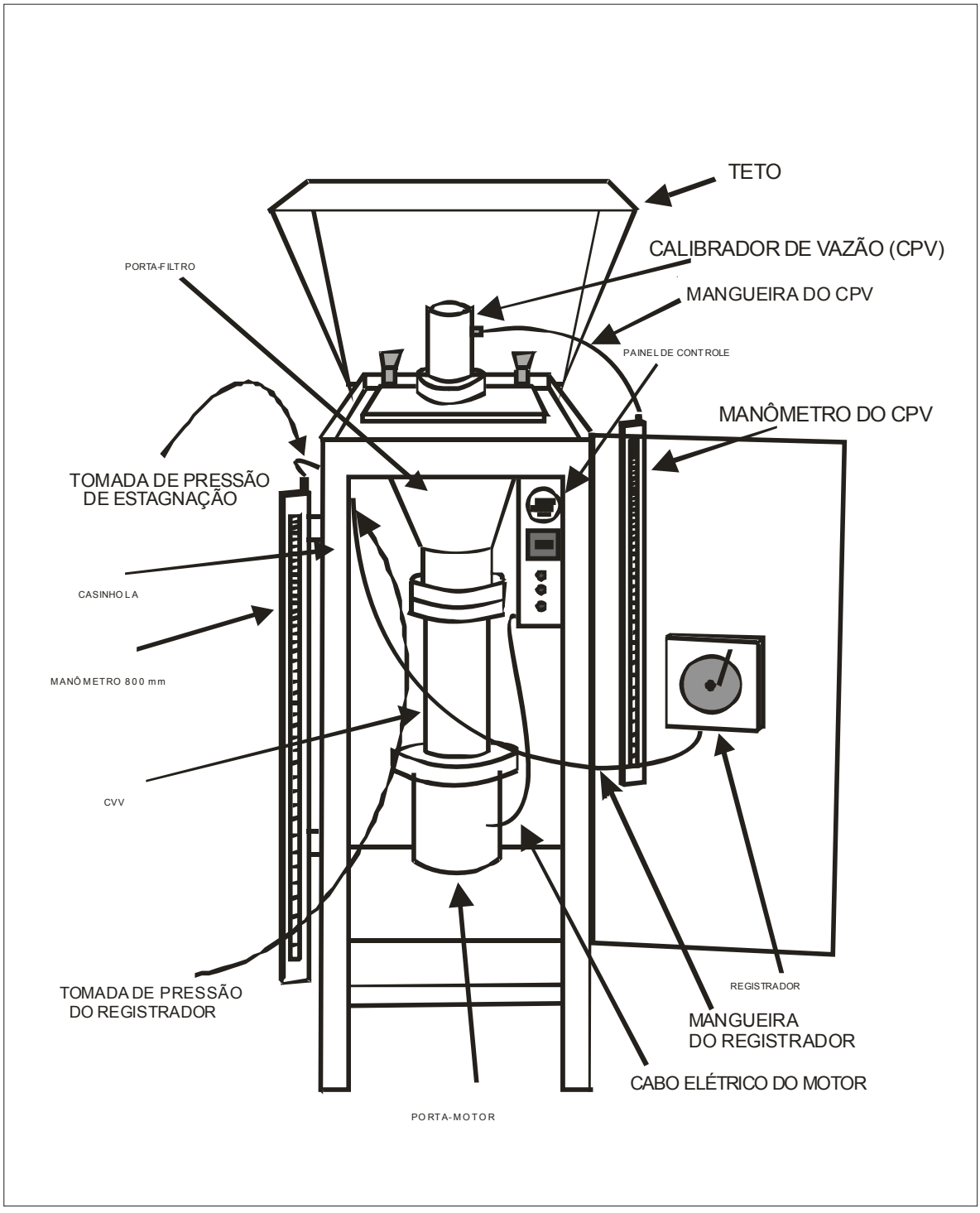


Figura 4.1 – Exemplo do Esquema de Calibração do PTSCVV

4.3.2 Material de Calibração

O usuário deve juntar e levar para a calibração no campo o seguinte material:

- O kit de calibração, com os seguintes constituintes: o CPV, devidamente calibrado; o manômetro de coluna d'água com 0 a 400 mm na escala; as placas de 8,9,10,13 e 18 furos; a placa adaptadora; e a mangueira flexível.

- Um manômetro de coluna d'água, com faixa de 0 a 800 mm e divisões mínimas na escala de 1 mm. Nota: O amostrador ENERGÉTICA já vem com este manômetro instalado.

- Um termômetro, devidamente calibrado, capaz de medir, com precisão e aproximação de $\pm$ 1 °C, na faixa de 0 a 50 °C (273 a 323 K). Caso não possua um termômetro, o usuário pode obter as leituras da temperatura de uma estação meteorológica próxima. Leia a Subseção 4.1.2 para orientação.

- Um barômetro, portátil, devidamente calibrado, capaz de medir, com exatidão e aproximação de $\pm$ 1 mm Hg, a pressão barométrica ambiente na faixa de 500 a 800 mm Hg. Nota: Caso não possua um barômetro, o usuário pode obter as leituras da pressão barométrica de uma estação meteorológica próxima.

- Formulários de Registros de Dados para a Geração da Relação de Calibração e para a Verificação da Relação de Calibração. Ver exemplos nas Figuras 4.2 e 4.5.

- Filtro limpo e carta para o registrador.

- Materiais diversos, tais como fita reforçada, multímetro, ferramentas e material de limpeza.

4.3.3 Geração da Relação de Calibração para o Amostrador

A relação de calibração para o AGV PTSCVV é obtida utilizando-se o CPV com cinco placas de resistência apropriadas, ou seja, com 18, 13, 10, 9 e 8 furos. Ver o Formulário de Registros de Dados da Geração da Relação de Calibração da Figura 4.2, com exemplo.

1. Anote, no Formulário de Registro de Dados (Figura 4.2), no mínimo os seguintes dados iniciais:

    - Dados gerais:
        - Número do formulário de registro
        - Data de emissão do registro
        - Nome do executante
        - Nome do conferencista
    - Dados do equipamento:
        - Identificação do amostrador
        - Identificação do CVV (venturi)
    - Dados gerais da calibração
        - Local da calibração
        - Data e hora da calibração
    - Dados ambientais:
        - Pressão barométrica medida no local durante a calibração (P_2)
        - Temperatura ambiente no local durante a calibração (T_2)
    - Identificação dos padrões
        - Identificação e data de validade do barômetro
        - Identificação e data de validade do termômetro

AGV PTSCVV – GERAÇÃO DA RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO Formulário de Registro de Dados	Número:	0041/09
	Data:	15/10/09
	Executante:	Aldo
	Conferencista:	José

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVV N°	PTSC-0020	CVV N°	CVV-0240

DADOS GERAIS DA CALIBRAÇÃO

Local:	Energética	Data:	15/10/09	Hora:	13:15

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barométrica (P_2):	756	mm Hg	Temperatura (T_2):	26	°C

Identificação dos padrões de pressão e temperatura:

Barômetro n°	BAR-002	Data de validade:	04/08/09
Termômetro n°	TER-009	Data de validade:	28/09/09

DADOS DO CPV (CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO) (VER CERT. CALIB.)

Número do CPV:	CPV-0151	Data última calibração	03/09/09

Relação (reta) de calibração:

Inclinação a_1:	1,8430	Intercepto b_1:	-0,0240	Correlação r_1:	0,9999

MEDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

Placa N°	Pressão diferencial CPV - dH_c (cm H_2O)		Pressão diferencial filtro – dH_f (cm H_2O)	
	p/cima	p/baixo	p/cima	p/baixo
18	6,20	6,10	9,60	9,40
13	6,00	5,80	14,40	14,00
10	5,80	5,70	20,40	20,00
9	5,60	5,40	25,30	25,00
8	5,30	5,20	31,00	30,00

OBSERVAÇÕES

Ass. Executante

Ass. Conferencista

Figura 4.2 Formulário de Registro de Dados – Geração da Relação de Calibração do AGV PTSCVV (com exemplo)

- Dados do CPV
  - Identificação do CPV
  - Data da última calibração do CPV
  - Inclinação (a_1)
  - Intercepto (b_1)
  - Correlação (r_1)

2. Levante o teto de entrada e abra a porta do amostrador. Em seguida, remova a moldura de aperto do porta-filtro e algum filtro, caso haja, e instale a placa adaptadora do CPV. Aperte bem com os quatro manípulos de aperto. Não permita entrada falsa de ar. Coloque então a placa de resistência nº 18 sobre a sede circular da placa adaptadora. Em seguida, monte o copo de orifício sobre a placa de resistência, apertando-o com sua rosca de acoplamento.

   Nota: A calibração é realizada sem filtro instalado.

3. Instale o manômetro do CPV pendurando-o na frente da casinhola ou na porta (ver Figura 4.1). Caso o manômetro não esteja zerado, solte a porca da escala e ajuste o zero da mesma com o nível do (após abrir ambas as torneiras do manômetro). Não precisa zerar com rigor. Aperte a porca da escala. Mantenha o manômetro na vertical.

4. Conecte o manômetro do CPV à tomada de pressão (espigão) do copo de orifício de calibração, mediante a mangueira fornecida com o kit de calibração. Abra suficientemente as torneiras do manômetro.

5. Certifique-se de que o manômetro de 800 mm esteja conectado, por sua mangueira, à tomada de pressão de estagnação (do lado de fora da casinhola). Abra as torneirinhas, caso estejam fechadas. Certifique-se de que o outro terminal do manômetro fique aberto para a atmosfera.

6. Instale uma carta no registrador, certificando-se de que está girando livremente. Verifique se a pena está deixando traço e se retorna ao zero.

7. Ligue o aparelho e deixe-o funcionar por uns 5 minutos, até atingir equilíbrio térmico.

8. Após o aquecimento de 5 minutos, dê início ao levantamento dos dados “para cima” e “para baixo” da pressão diferencial no filtro (dH_f), lidos no manômetro de 800 mm, e dos dados “para cima” e “para baixo” da pressão diferencial do calibrador (dH_c), lidos no manômetro de 400 mm. Anote os quatro valores no formulário.

Atenção: Sempre faça as leituras “para cima” e “para baixo” (a partir do zero da escala) e anote-as no formulário de registro. Abstenha-se de somá-las. Deixe a soma para a planilha de cálculo. Lembre-se que anotando as leituras “para cima e “para baixo’ , você está permitindo que alguém confira as leituras e verifique a soma delas (dH_c total e dH_f total). O zeramento da escala não é crítico, visto que não afeta a soma das leituras.

9. Desligue o motor e mude a placa de resistência para uma com o próximo número de furos em ordem decrescente (nº 13).

10. Ligue o motor e logo em seguida faça as leituras dH_f e dH_c nos manômetros. Anote-as no formulário.

11. Repita os Passos 9 e 10 para as três placas restantes (nº 10, nº 9 e nº 8).

12. Desligue o motor.

Ao realizar todos os passos de 1 a 12 o usuário terá preenchido completamente o formulário de campo da Fig. 4.2, estando agora pronto para lançar os dados na respectiva planilha de calibração (ver Fig. 4.3, com exemplo). A planilha de calibração da Fig. 4.3 é fornecida pela ENERGÉTICA. Os dados obtidos no campo devem ser lançados nas células em verde.

A Planilha de Cálculo da Geração da Relação de Calibração (ver Fig. 4.3) realiza os seguintes cálculos (células em cor amarela):

1. Converte o valor de dH_f nas Colunas 3 e 4, lido em cm H_2O, para mm Hg, utilizando a relação abaixo:

$$\text{mm Hg} = (\text{cm } H_2O)/1{,}36 \qquad \text{(Eq. 4.6)}$$

2. Calcula a pressão de estagnação P_o na Coluna 5 pela expressão:

$$P_o = P_2 - dH_f \qquad \text{(Eq. 4.7)}$$

3. A taxa de pressão de estagnação na Coluna 6 é calculada por:

$$\frac{P_o}{P_2} = \left(1 - \frac{dH_f}{P_2}\right) \qquad \text{(Eq. 4.8)}$$

4. Calcula a vazão $Q_r(CPV)$ na Coluna 7 pela expressão:

$$Q_r(CPV) = \frac{1}{a_1}\left[\sqrt{dH_c\left(\frac{T_2}{P_2}\right)} - b_1\right] \qquad \text{(Eq. 4.4)}$$

onde:

dH_c = perda de carga através do orifício, cm H_2O
T_2 = temperatura ambiente durante uso, K (K = °C + 273)
P_2 = pressão ambiente, mm Hg
a_1 = inclinação da relação de calibração do CPV
b_1 = intercepto da relação de calibração do CPV

5. A reta de calibração do AGV $MP_{2,5}$ toma a forma

$$\frac{P_o}{P_2} = a_2\left[\frac{Q_r(CPV)}{\sqrt{T_2}}\right] + b_2 \qquad \text{(Eq. 4.5)}$$

onde

P_o = pressão de estagnação, mm Hg
P_2 = pressão barométrica durante a calibração do amostrador, mm Hg
$Q_r(CPV)$ = vazão volumétrica em condições padrão indicada pelo CPV, m^3-padrão/min.
T_2 = temperatura ambiente durante a calibração do amostrador, K (K = °C + 273)
a_2 = inclinação da relação de calibração do amostrador, a ser obtida por regressão linear
b_2 = intercepto da relação de calibração do amostrador, a ser obtida por regressão linear

Na Eq. 4.5, os valores de *X* e *Y* são dados por:

$$X = \frac{Q_r(CPV)}{\sqrt{T_2}} \qquad \text{(valores na coluna 8 da planilha)}$$

AGV PTSCVV - GERAÇÃO DA RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO

Planilha de Cálculo

Número:	0041/09
Data:	15/10/09
Executante	Aldo
Confer.:	José

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVV	PTSC-0020	CVV N°	CVV-0240

DADOS GERAIS

Local:	Energética	Data:	15/10/09	Hora:	13:15

DADOS AMBIENTAIS

Pressão atmosférica durante a calibração: P_2(mmHg): **756**

Temperatura ambiente durante a calibração: T_2(°C): **26** T_2(K): **299**

Identificação dos padrões de presão e temperatura:

Barômetro n° **BAR-002** Data de validade: **04/08/10**

Termômetro n° **TER-009** Data de validade: **28/10/10**

DADOS DO CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO (CPV):

Identificação: **CPV-0151** Última calibração: **03/09/09**

Relação de calibração (da regressão linear):

Inclinação a_1: **1,8430** Intercepto b_1: **-0,0240** Correl. r_1: **0,9990**

TABELA DE DADOS E RESULTADOS:

	dH_c (no orifício do CPV)			dHf (no filtro)					(Y)	Q_r(CPV) Vazão (b)	(X)
	p/cima	p/baixo	total	p/cima	p/baixo	total	total	$P_o=P_2-dH_f$			Q_r(CPV)/
N° Placa	cm H_2O			cm H_2O			mmHg	mmHg	P_o/P_2	m^3/min	T_2^0,5
18	6,20	6,10	12,30	9,60	9,40	19,00	13,96	742,04	0,9815	1,2098	0,0700
13	6,00	5,80	11,80	14,40	14,00	28,40	20,87	735,13	0,9724	1,1852	0,0685
10	5,80	5,70	11,50	20,40	20,00	40,40	29,68	726,32	0,9607	1,1702	0,0677
9	5,60	5,40	11,00	25,30	25,00	50,30	36,96	719,04	0,9511	1,1448	0,0662
8	5,30	5,20	10,50	31,00	30,00	61,00	44,82	711,18	0,9407	1,1187	0,0647
Vazão Operacional:						42,40	31,15	724,85	0,9588		

(a) mmHg = 10 X cmH_2O/13,6

(b) $$Q_r(CPV) = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c \frac{T_2}{P_2}} - b_1\right)$$

Nova Relação de Calibração do CVV :

$$Y = a_2 X + b_2, \quad onde \quad X = \frac{Q_r(CPV)}{(T_m)^{1/2}} \quad e \quad Y = \frac{P_o}{P_m}$$

Inclinação da reta (a_2): 7,9262

Intercepto da reta (b_2): 0,4269

Fator de correlação (r_2): 0,9939

Para cálculos posteriores da vazão do amostrador:

$$Q_r = \frac{1}{a_2}\left(\frac{P_o}{P_m} - b_2\right)\sqrt{T_m}$$

Vazão operacional com a nova Relação de Calibração = 1,1603 m^3/min

Ass. Executante Ass. Conferencista

Figura 4.3 Planilha de Cálculos (Excel) da Geração da Relação de Calibração do AGV PTSCVV (com exemplo)

e

$$Y = \frac{P_o}{P_2} \quad \text{(valores na coluna 6 da planilha)}$$

5. Utilizando o Excel, a planilha toma os 5 pares de valores (X,Y) e, utilizando a técnica dos mínimos quadrados (regressão linear), gera os parâmetros a_2 e b_2 da reta. No exemplo, a_2 = 7,9262 e b_2 = 0,4669. A planilha também fornece o fator de correlação r_2, que, no exemplo, é igual a 0,9939.

   Nota: Verifique a relação de calibração levantada e determine se não há pontos de calibração que estejam fora de "alinhamento" e que possam, deste modo, tornar a relação inadequada. Determina-se isso com o fator de correlação *r*, só aceitando $r \geq 0{,}99$. Caso contrário, refaça os trabalhos.

   Nota: Ver detalhes sobre regressão linear no Apêndice F.

6. Para os períodos de amostragem subsequentes, a vazão real média $\overline{Q_r}$ (*amostrador*) é calculada a partir de a_2 e b_2 usando a equação abaixo:

$$\overline{Q}_r(amostrador) = \frac{1}{a_2}\left[\left(\frac{\overline{P_o}}{P_m} - b_2\right)\sqrt{T_m}\right] \qquad \text{(Eq. 4.9)}$$

   onde:

   $\overline{Q}_r$*(amostrador)* = vazão real média do amostrador, m^3/min
   P_m = pressão barométrica média para o período de amostragem, mm Hg
   $\overline{P_o/P_m}$ = taxa de pressão de estagnação média para o período de amostragem
   T_m = temperatura ambiente média para o período de amostragem, K
   (K = °C + 273)
   a_2 = inclinação da relação de calibração do amostrador
   b_2 = interseção da relação de calibração do amostrador

   Nota: O valor médio de P_o deve ser calculado com base nas medidas de pressão de estagnação realizadas antes e depois da amostragem. P_m deve ser estimada a partir da pressão barométrica para o período de amostragem. Ver a Subseção 4.1.2 para mais informações sobre pressão barométrica.

A Equação 4.9 é a relação de calibração desejada, onde a_2 e b_2 são os parâmetros da reta de calibração. O fornecimento dos valores de a_2 e b_2, por si só, já seria o resultado da calibração. Entretanto, a ENERGÉTICA, ao invés de fornecer apenas os valores de a_2 e b_2, fornece uma "Tabela de Vazão", com valores de Q_r*(amostrador)* em forma tabular, em função da temperatura (T_m) e a taxa de pressão média $\overline{P_o/P_m}$. Detalhes da Tabela de Vazão fornecida pela ENERGÉTICA são vistos na Figura 4.4.

Na prática, o usuário tem por obrigação de verificar se a Relação de Calibração recebida com seu amostrador está correta. O procedimento para a verificação está apresentado na Subseção 4.3.4. A verificação pelo usuário deverá ser logo no início, antes de colocar o amostrador em operação normal, e posteriormente, numa frequência especificada na Subseção 4.3.5.

Nota: A Tabela de Vazão fornecida com o amostrador será considerada válida enquanto passar nos testes de verificação.

ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
LME- LABORATÓRIO DE METROLOGIA
DA ENERGÉTICA
Rua Gravataí, 99
CEP 21975-030 Rio de Janeiro - RJ
Tel - (21) 3797-9800 Fax (21) 2241-1354

ENERGÉTICA Qualidade do Ar

TABELA DE VAZÃO				IDENT.: CVV-0240				DATA: 15/10/09				
VAZÃO REAL (m³/min)												
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0,93	1,083	1,085	1,086	1,088	1,090	1,092	1,094	1,096	1,097	1,099	1,101	1,103
0,931	1,085	1,087	1,089	1,090	1,092	1,094	1,096	1,098	1,100	1,101	1,103	1,105
0,932	1,087	1,089	1,091	1,093	1,094	1,096	1,098	1,100	1,102	1,104	1,105	1,107
0,933	1,089	1,091	1,093	1,095	1,097	1,098	1,100	1,102	1,104	1,106	1,108	1,110
0,934	1,091	1,093	1,095	1,097	1,099	1,101	1,102	1,104	1,106	1,108	1,110	1,112
0,935	1,093	1,095	1,097	1,099	1,101	1,103	1,105	1,106	1,108	1,110	1,112	1,114
0,936	1,096	1,097	1,099	1,101	1,103	1,105	1,107	1,109	1,111	1,112	1,114	1,116
0,937	1,098	1,100	1,101	1,103	1,105	1,107	1,109	1,111	1,113	1,115	1,116	1,118
0,938	1,100	1,102	1,104	1,106	1,107	1,109	1,111	1,113	1,115	1,117	1,119	1,120
0,939	1,102	1,104	1,106	1,108	1,110	1,111	1,113	1,115	1,117	1,119	1,121	1,123
0,94	1,104	1,106	1,108	1,110	1,112	1,114	1,116	1,117	1,119	1,121	1,123	1,125
0,941	1,106	1,108	1,110	1,112	1,114	1,116	1,118	1,120	1,121	1,123	1,125	1,127
0,942	1,108	1,110	1,112	1,114	1,116	1,118	1,120	1,122	1,124	1,126	1,127	1,129
0,943	1,111	1,113	1,114	1,116	1,118	1,120	1,122	1,124	1,126	1,128	1,130	1,131
0,944	1,113	1,115	1,117	1,119	1,120	1,122	1,124	1,126	1,128	1,130	1,132	1,134
0,945	1,115	1,117	1,119	1,121	1,123	1,124	1,126	1,128	1,130	1,132	1,134	1,136
0,946	1,117	1,119	1,121	1,123	1,125	1,127	1,129	1,130	1,132	1,134	1,136	1,138
0,947	1,119	1,121	1,123	1,125	1,127	1,129	1,131	1,133	1,135	1,136	1,138	1,140
0,948	1,121	1,123	1,125	1,127	1,129	1,131	1,133	1,135	1,137	1,139	1,141	1,142
0,949	1,124	1,125	1,127	1,129	1,131	1,133	1,135	1,137	1,139	1,141	1,143	1,145
0,95	1,126	1,128	1,130	1,131	1,133	1,135	1,137	1,139	1,141	1,143	1,145	1,147
0,951	1,128	1,130	1,132	1,134	1,136	1,138	1,139	1,141	1,143	1,145	1,147	1,149
0,952	1,130	1,132	1,134	1,136	1,138	1,140	1,142	1,144	1,145	1,147	1,149	1,151
0,953	1,132	1,134	1,136	1,138	1,140	1,142	1,144	1,146	1,148	1,150	1,151	1,153
0,954	1,134	1,136	1,138	1,140	1,142	1,144	1,146	1,148	1,150	1,152	1,154	1,156
0,955	1,136	1,138	1,140	1,142	1,144	1,146	1,148	1,150	1,152	1,154	1,156	1,158
0,956	1,139	1,141	1,143	1,144	1,146	1,148	1,150	1,152	1,154	1,156	1,158	1,160
0,957	1,141	1,143	1,145	1,147	1,149	1,151	1,152	1,154	1,156	1,158	1,160	1,162
0,958	1,143	1,145	1,147	1,149	1,151	1,153	1,155	1,157	1,159	1,160	1,162	1,164
0,959	1,145	1,147	1,149	1,151	1,153	1,155	1,157	1,159	1,161	1,163	1,165	1,167
0,96	1,147	1,149	1,151	1,153	1,155	1,157	1,159	1,161	1,163	1,165	1,167	1,169
0,961	1,149	1,151	1,153	1,155	1,157	1,159	1,161	1,163	1,165	1,167	1,169	1,171
0,962	1,152	1,154	1,155	1,157	1,159	1,161	1,163	1,165	1,167	1,169	1,171	1,173
0,963	1,154	1,156	1,158	1,160	1,162	1,164	1,166	1,167	1,169	1,171	1,173	1,175
0,964	1,156	1,158	1,160	1,162	1,164	1,166	1,168	1,170	1,172	1,174	1,176	1,177
0,965	1,158	1,160	1,162	1,164	1,166	1,168	1,170	1,172	1,174	1,176	1,178	1,180
0,966	1,160	1,162	1,164	1,166	1,168	1,170	1,172	1,174	1,176	1,178	1,180	1,182
0,967	1,162	1,164	1,166	1,168	1,170	1,172	1,174	1,176	1,178	1,180	1,182	1,184
0,968	1,164	1,166	1,168	1,170	1,172	1,174	1,176	1,178	1,180	1,182	1,184	1,186
0,969	1,167	1,169	1,171	1,173	1,175	1,177	1,179	1,181	1,183	1,185	1,186	1,188
0,97	1,169	1,171	1,173	1,175	1,177	1,179	1,181	1,183	1,185	1,187	1,189	1,191
0,971	1,171	1,173	1,175	1,177	1,179	1,181	1,183	1,185	1,187	1,189	1,191	1,193
0,972	1,173	1,175	1,177	1,179	1,181	1,183	1,185	1,187	1,189	1,191	1,193	1,195
0,973	1,175	1,177	1,179	1,181	1,183	1,185	1,187	1,189	1,191	1,193	1,195	1,197
0,974	1,177	1,179	1,181	1,183	1,185	1,187	1,189	1,191	1,193	1,195	1,197	1,199
0,975	1,180	1,182	1,184	1,186	1,188	1,190	1,192	1,194	1,196	1,198	1,200	1,202
0,976	1,182	1,184	1,186	1,188	1,190	1,192	1,194	1,196	1,198	1,200	1,202	1,204
0,977	1,184	1,186	1,188	1,190	1,192	1,194	1,196	1,198	1,200	1,202	1,204	1,206
0,978	1,186	1,188	1,190	1,192	1,194	1,196	1,198	1,200	1,202	1,204	1,206	1,208
0,979	1,188	1,190	1,192	1,194	1,196	1,198	1,200	1,202	1,204	1,206	1,208	1,210

Figura 4.4 Terceira de 5 Páginas de Tabela de Vazão Fornecida pela ENERGÉTICA (com a_2 = 7,9262 e b_2 = 0,4269)

4.3.4 Verificação da Relação de Calibração

Para a verificação da relação de calibração, a ENERGÉTICA utiliza o procedimento empregado pela ex-Thermo Andersen (ver Ref. 4, Seção 10.0), pelo qual, através de um artifício, a verificação fica resumida a uma calibração pontual. Na verificação, utilizando o CPV, a pressão diferencial observada através do filtro em operação normal no amostrador é aproximada com uma placa de resistência (do kit de calibração). Ver o Formulário de Registro de Dados da Verificação da Relação de Calibração do PTSCVV na Figura 4.5.

É o seguinte o procedimento da Thermo Andersen:

1. Junte o material relacionado na Subseção 4.3.2 e se oriente pelo esquema da Figura 4.1.

2. Procure utilizar, na verificação, o mesmo tipo de filtro que normalmente emprega em suas amostragens.

3. Coloque um filtro limpo no amostrador. Nota: No exemplo da Figura 4.3 o filtro apresenta uma perda de carga de 42,4 cm H_2O a uma vazão 1,16 m^3/min. Aperte os manípulos de aperto, alternando diagonalmente, até obter aperto uniforme. Evite compressão demasiada das juntas.

4. Certifique-se que o manômetro de 800 mm esteja conectado, por sua mangueira, à tomada de pressão de estagnação (do lado de fora da casinhola). Abra as torneirinhas, caso estejam fechadas. Certifique-se que o outro terminal do manômetro fique aberto para a atmosfera.

5. Anote, no Formulário de Registro de Dados da Verificação (Figura 4.5), os seguintes dados:

    - Dados gerais:
        - Número do formulário de registro
        - Data de emissão do registro
        - Nome do executante
        - Nome do conferencista
    - Dados do equipamento:
        - Identificação do amostrador
        - Identificação do CVV
    - Dados gerais da calibração
        - Local da calibração
        - Data e hora da calibração
    - Dados ambientais:
        - Pressão barométrica medida no local durante a calibração (P_2)
        - Temperatura ambiente no local durante a calibração (T_2)
    - Identificação dos padrões
        - Identificação e data de validade do barômetro
        - Identificação e data de validade do termômetro
    - Dados do CPV
        - Identificação do CPV
        - Data da última calibração do CPV
        - Inclinação (a_1)
        - Intercepto (b_1)
        - Correlação (r_1)

6. Ligue o aparelho e deixe-o funcionar por uns cinco minutos, até atingir equilíbrio térmico.

AGV PTSCVV – VERIFICAÇÃO DA RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO **Formulário de Registro de Dados**	**Número:**	***09/005***
	Data:	***20/10/2009***
	Executante:	***Lúcia***
	Conferencista:	***José***

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVV N°	***PTSC-0020***	**CVV N°**	***CVV-0240***

DADOS GERAIS DA VERIFICAÇÃO

Local:	***Energética***	**Data:**	***20/10/2009***	**Hora:**	***07:30***

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barométrica (P_2):	***756***	**mm Hg**	**Temperatura (T_2):**	***25***	**°C**

Identificação dos padrões de pressão e temperatura:

Barômetro n°	**BAR-002**	**Data de validade:**	***04/08/2010***
Termômetro n°	**TER-009**	**Data de validade:**	***28/09/2010***

DADOS DO CPV (CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO) (VER CERT. CALIB.)

Número do CPV:	***CPV-0151***	**Data última calibração**	***23/01/09***

Relação (reta) de calibração:

Inclinação a_1:	***1,8430***	**Intercepto b_1:**	***-0,0240***	**Correlação r_1:**	***0,9990***

TESTES REAIS COM O FILTRO OPERACIONAL

dH_f do filtro operacional (cm H_2O):	***42,4***
Diferença entre dH_f da placa e dH_f do filtro (cm H_2O):	***1,4***

MEDIÇÕES DA VERIFICAÇÃO

Placa N°	**Pressão diferencial CPV - dH_c cm H_2O**		**Pressão diferencial filtro – dH_F cm H_2O**	
	p/cima	**p/baixo**	**p/cima**	**p/baixo**
Placa 10 com 1 furo Bloqueado				
	5,7	**5,5**	**20,6**	**20,4**

OBSERVAÇÕES

Ass. Executante **Ass. Conferencista**

Figura 4.5 Formulário de Registro de Dados – Verificação da Relação de Calibração do AGV PTSCVV (com exemplo)

7. Leia a pressão diferencial através do filtro (dH_f). No exemplo da Figura 4.3, dH_f = 42,4 cm H_2O. Registre-a no sexto bloco do formulário. Esta é a pressão diferencial operacional que deverá ser aproximada usando-se as placas de resistência.

8. Desligue o amostrador e recolha o filtro. Instale o CPV e realize um teste de estanqueidade (Subseção 3.10).

9. Ligue o amostrador e, se necessário, espere até atingir equilíbrio térmico.

10. Simule a pressão diferencial através do filtro (dH_f), colocando uma placa de resistência apropriada entre o CPV e a placa adaptadora. As perdas de carga aproximadas das placas de resistência do CPV ENERGÉTICA, à vazão de 1,13 m^3/min, são apresentadas na Tabela 4.1. Escolha a placa com perda de carga menor e mais próxima da perda de carga do filtro. Por exemplo, para um filtro com 42 cm H_2O de perda carga, a placa mais próxima é a de n° 10, com 40 cm H_2O. Se necessário, ajuste a perda de carga da placa pregando uma fita adesiva sobre os furos, um furo de cada vez, até aproximar-se da pressão diferencial no filtro. A perda de carga obtida deve diferir no máximo 2,5 cm H_2O da perda de carga do filtro.

Tabela 4.1 Valores Aproximados das Perdas de Carga Através do Orifício e das Placas de Resistência do CPV ENERGÉTICA

Placa de Resistência Número de Furos	Pressão Diferencial cm H_2O	Placa de Resistência Número de Furos	Pressão Diferencial cm H_2O
Sem placas	9	10	40
18	18	9	60
13	25	8	69

11. Uma vez obtida a placa (sem ou com furo bloqueado) que gere uma perda de carga com aproximação de 2,5 cm H_2O da perda de carga do filtro, ainda com o amostrador funcionando, leia os valores “para cima’ e “para baixo” da pressão diferencial do CPV (dH_c), lidos com o manômetro de 400 mm H_2O, e os valores “para cima’ e “para baixo” da pressão diferencial do filtro (dH_f), lidos no manômetro de 800 mm H_2O. Anote todos os valores no 7º bloco do formulário.

12. Anote também, no 6º bloco do formulário, o valor da diferença percentual entre a perda carga do filtro e a perda de carga da placa.

Neste ponto, após registrar todos os dados devidos no Formulário de Registro de Dados da Figura 4.5, passa-se estes dados para a Planilha de Cálculo da Verificação do PTSCVV. Ver a planilha, com exemplo, na Figura 4.6. O exemplo da planilha corresponde aos dados anotados na Figura 4.5. Os dados obtidos no campo devem ser lançados nas células em verde.

A Planilha de Cálculo da Verificação (ver Fig. 4.6) faz os seguintes cálculos (em células em cor amarela):

1. Converte o valor de dH_f nas Colunas 3 e 4, lido em cm H_2O, para mm Hg, utilizando a relação abaixo:

$$\text{mm Hg} = (\text{cm } H_2O)/1{,}36 \qquad \text{(Eq. 4.7)}$$

AGV PTSCVV - VERIFICAÇÃO DA RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO Planilha de Cálculo	Número:	09/005
	Data:	20/10/2009
	Executante:	Lúcia
	Conferencista:	José

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVV	PTSC-0020	CVV N°	CVV-0240

DADOS GERAIS

Local:	Energética	Data:	20/10/2009	Hora:	07:30

DADOS AMBIENTAIS

Pressão atmosférica durante a calibração:				P_2 (mmHg)	756
Temparatura ambiente durante a calibração:		T_2 (°C):	25	T_2(K):	298
Barômetro n°	BAR-002	Data de validade:	04/08/2010		
Termômetro n°	TER-009	Data de validade:	28/09/2010		

DADOS DO CALIBRADOR ADRÃO DE VAZÃO (CPV):

Identificação:	CPV-0151	Última calibração:	23/01/09

Relação de calibração (da regressão linear):

Inclinação a_1:	1,843	Intercepto b_1:	-0,024	Correl. r_1:	0,999

TABELA DE DADOS E RESULTADOS:

Simulação com Placa (a)	dHc (no orifício do CPV) p/cima (cm H_2O)	dHc p/baixo (cm H_2O)	dHc total (cm H_2O)	dH_f (no filtro) p/cima (cm H_2O)	dH_f p/baixo (cm H_2O)	dH_f total (cm H_2O)	dH_f total (mm Hg)	$P_o=P_2-dH_f$ (mm Hg)	P_o/P_2	Q_r(CPV) Vazão (c) (m^3/min)	Q_r (amost.) (Relação Calibração) (m^3/min)	Desvio (d) %
Placa 10 com 1 furo bloqueado	**5,7**	**5,5**	**11,2**	**20,6**	**20,4**	**41,0**	**30,1**	**725,9**	**0,9602**	**1,1531**	**1,161**	**0,69**

dH_f do filtro (cm H_2O)=	42,4	Diferença entre dH_f da placa e do filtro (cm H_2O) =	1,4

(a) A diferença entre a pressão diferencial (dH_f) da placa (com furo bloqueado ou não) e a pressão diferencial (dH_f) do filtro utilizado na amostragem tem que ser menor que 2,5 cm H_2O.

(b) mm Hg = cm H_2O/1,361

(c) $$Q_r\,(CPV) = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\,\frac{T_2}{P_2}} - b_1\right)$$

(d) $$Desvio\,\% = \left[\frac{Q_r\,(amostrador) - Q_r\,(CPV)}{Q_r\,(CPV)}\right](100)$$

(e) A relação de calibração continua válida caso o desvio acima seja inferior a 3 % ou mesmo 4 %. Caso o desvio exceda estes valores, tem-se que gerar uma nova relação de calibração. (Ver formulário na Figura 4.4)

Ass. Executante Ass. Conferencista

Figura 4.6 Planilha de Cálculos (Excel) da Verificação da Relação de Calibração do AGV PTSCVV(com exemplo)

2. Calcula a pressão de estagnação P_o na Coluna 5 pela expressão:

$$P_o = P_2 - dH_f \qquad \text{(Eq. 4.7)}$$

3. A taxa de pressão de estagnação na Coluna 6 é calculada por:

$$\frac{P_o}{P_2} = \left(1 - \frac{dH_f}{P_2}\right) \qquad \text{(Eq. 4.8)}$$

4. Calcula a vazão Q_r *(CPV)* na Coluna 7 pela expressão:

$$Q_r(CPV) = \frac{1}{a_1}\left[\sqrt{dH_c\left(\frac{T_2}{P_2}\right)} - b_1\right] \qquad \text{(Eq. 4.4)}$$

onde:

dH_c = perda de carga através do orifício, cm H_2O
T_2 = temperatura ambiente durante uso, K (K = °C + 273)
P_2 = pressão barométrica, mm Hg
a_1 = inclinação da relação de calibração do CPV
b_1 = intercepto da relação de calibração do CPV

5. Neste ponto, interrompe-se a digitação na planilha e, usando a relação de calibração (na forma de equação ou na forma de tabela) que se está verificando, determina-se Q_r *(amostrador)* para P_o/P_2 e T_2. Anote o valor de Q_r*(amostrador)* na Coluna 8 da planilha (em cor verde).

6. Com a inserção do valor de Q_r*(amostrador*), a planilha calcula o desvio percentual entre Q_r*(CPV)* e Q_r*(amostrador*) usando a equação:

$$Desvio\% = \left[\frac{Q_r(amostrador) - Q_r(CPV)}{Q_r(CPV)}\right](100) \qquad \text{(Eq. 4.9)}$$

O desvio é mostrado na Coluna 9 da planilha (em cor amarela).

Nota: Caso ocorra discrepância igual ou superior a 3 % (ou mesmo 4%) entre a vazão calculada com o CPV [Q_r*(CPV)*] e a vazão obtida pela relação de calibração [Q_r*(amostrador)*], refaça os cálculos e procedimentos:

- Certifique-se de que os números de série dos equipamentos e as curvas de calibração se relacionam.
- Faça testes de estanqueidade, se necessário.
- Inspecione o CVV e veja se não há detritos na garganta de estrangulamento. Se necessário, limpe esta com uma escova suave, sabão e água (Ver procedimento detalhado para a limpeza do CVV na Subseção 9.2.3.).
- Verifique o funcionamento do motoaspirador.
- Verifique se não há vazamentos nos manômetros. Para fazer estas verificações, ligue o aparelho (se já não estiver ligado), feche as torneirinhas de ambos os manômetros e desligue o amostrador. Espere um instante e verifique se as colunas nos manômetros não se alteram. Se se alterarem, verifique as conexões e as mangueiras, a fim de determinar as fontes de vazamento.

Caso não consiga determinar a fonte da discrepância, contacte a ENERGÉTICA ou parta para a geração de sua própria relação de calibração, cujo procedimento é apresentado na Subseção 4.3.3.

7. Por fim, digita-se o valor de dH_f do filtro operacional no Bloco 5 da planilha (célula em verde), resultando então, automaticamente o valor da diferença percentual entre a perda de carga do filtro e a perda de carga da placa de resistência – valor este já calculado manualmente e anotado no Formulário de Registros –, apresentando-o na última coluna do Bloco 5 (célula em amarelo).

4.3.5 Verificação da Vazão Operacional

Esta verificação (pontual) tem a finalidade de comparar a vazão operacional do amostrador com a vazão de projeto (1,22 m^3/min).

1. Leia a pressão de estagnação (P_o) no manômetro do amostrador e obtenha os valores da temperatura ambiente (T_3) e da pressão barométrica (P_3).

2. Determine o valor de P_o/P_3 para a vazão operacional, apenas com o filtro instalado.

3. Determine a vazão operacional do amostrador, Q_r *(amostrador)*, em função de P_o/P_3 *e* T_3, utilizando a relação de calibração (equação da reta ou tabela de vazão) fornecida pela ENERGÉTICA, caso esta tenha sido validada na Subseção 4.3.4, ou utilizando a relação de calibração (equação da reta) gerada conforme a Subseção 4.3.3.

4. Compare, usando a equação abaixo, Q_r*(amostrador)* com a vazão de projeto da entrada (1,22 m^3/min):

$$\text{Desvio \% da Vazão de Projeto} = \left[\frac{Q_r\,(amostrador) - 1{,}22}{1{,}22}\right][100] \qquad \text{(Eq. 4.9)}$$

O desvio percentual acima deve ser menor que a tolerância de vazão aceitável (± 7 %, ou seja, de 1,13 a 1,32 m^3/min). Caso a diferença percentual caia fora da faixa de tolerância, veja se não há algo errado com o procedimento, com o equipamento (vazamentos, juntas ruins, escovas gastas, motor errado), com a voltagem de linha ou mesmo com os cálculos. Visto que a vazão do CVV não é ajustável, procure a ENERGÉTICA em casos de vazões fora da faixa de tolerância.

Nota: As verificações da vazão operacional se dão normalmente em cada amostragem (ver Subseção 6.3.1) e em cada verificação da relação de calibração (ver Subseção 4.3.4).

4.3.6 Frequência das Calibrações

Para assegurar medidas exatas das concentrações de PTS, calibre o CVV quando da instalação do amostrador e recalibre-o como segue:

1. Pelo menos duas vezes por ano (recomendação da Thermo Andersen).

2. Após qualquer reparo que possa afetar a calibração do CVV, como, por exemplo, troca das escovas e troca do motor.

3. Após deslocamento do amostrador para outro local.

4. Toda vez que uma verificação da vazão operacional (ver procedimento na Subseção 4.3.4) indicar que o amostrador está fora (ou próximo de ficar fora) da faixa aceitável para a vazão de entrada (1,13 a 1,32 m^3/min).

4.4 Calibrações de Instrumentos Associados

Além das calibrações do CPV e do registrador de vazão, já apresentadas, o usuário deve, a fim de obter medições formalmente representativas e passíveis de resistir a auditorias oficiais, cuidar também para que os seguintes instrumentos do amostrador e do laboratório sejam devidamente calibrados e/ou verificados:

- Horâmetro
- Programador de tempo – timer
- Registrador contínuo de eventos
- Balança analítica
- Higrômetro
- Termômetro
- Barômetro

4.4.1 Horâmetro

Conforme a NBR 9547 (Ref. 1), o horâmetro não deve apresentar erro de leitura superior a ± 15 min. num período de 24 horas. A EPA é mais rígida, pois exige que o desvio máximo do horâmetro seja ± 2 min. em 24 horas (ver Ref. 2). Acima disso, ele deve ser reparado ou substituído. A EPA (Ref. 2) recomenda que o horâmetro seja checado a cada 6 meses contra um cronômetro padrão de comprovada exatidão, seja no local de amostragem ou no laboratório.

Ver detalhes técnicos do horâmetro no Apêndice B.

4.4.2 Programador de Tempo (Timer)

Conforme a NBR 9547 (Ref. 1), o timer deve ser capaz de ligar e desligar o amostrador de forma que se obtenha um período de amostragem de 24 h $\pm$ 60 min. A EPA, por sua vez, exige que o desvio máximo seja de ± 30 min. (ver Ref. 2). Segundo a EPA (Ref. 2), o timer deve ser checado no seu recebimento após a compra e subseqüentemente a cada trimestre, usando-se, para isso, um horâmetro previamente calibrado como referência (pode ser o do próprio amostrador). Um exemplo de procedimento de calibração do timer é apresentado no Apêndice D.

Ver detalhes técnicos do timer no Apêndice A.

4.4.3 Registrador Contínuo de Eventos

Conforme já visto na Subseção 3.3.7, o registrador contínuo do amostrador é apenas um registrador de eventos, ou seja, serve apenas para verificar se o amostrador funciona sem falhas durante as 24 horas de amostragem. O instrumento é conectado ao porta-filtro e, portanto, responde à pressão abaixo do filtro (pressão de estagnação). Com o amostrador em funcionamento, o traçado da pena do registrador se distancia gradativamente do centro da carta, tendo em vista a perda de carga crescente através do filtro, decorrente da coleta cumulativa de partículas. Desvios deste traçado indicam anormalidades tais como interrupção de energia na rede, problema com o motor, problema com a parte elétrica ou perda de “condições críticas” no venturi do CVV. Pode, por exemplo, ocorrer perda de “condições críticas” quando a tensão de alimentação do motor reduzir-se abaixo de 115 V.

O procedimento de ajuste do registrador é como segue:

1. Instale uma carta no registrador. Verifique se a pena está traçando. Reponha a pena, se necessário.

2. Certifique-se de que o registrador está adequadamente conectado ao tê que conecta a tomada de pressão ao lado do porta-filtro com a tomada de pressão do lado de fora da casinhola.

3. Cheque o zero do registrador. Ajuste-o, movimentando o parafuso de ajuste, se necessário.

4. Caso deseje, gire a carta, com uma chave de fenda, até que o início programado para a operação esteja indicado na carta.

5. Com o amostrador em funcionamento, determine a deflexão da pena. Relacione a deflexão inicial da pena com a perda de carga (dH_f) para um filtro limpo. Esta deflexão deve repetir-se para um mesmo tipo de filtro, contanto, obviamente, que haja “condições críticas” no venturi.

4.4.4 Balança Analítica, Higrômetro, Termômetro e Barômetro

A balança analítica, o higrômetro, termômetro e barômetro, utilizados em quaisquer etapas do monitoramento de PTS, devem ser calibrados, pelo menos uma vez por ano, contra um padrão de reconhecimento oficial. Há, no Brasil, várias empresas pertencentes à Rede Brasileira de Calibração (acreditadas pelo Inmetro), aptas a realizarem as calibrações necessárias.

5.0 SELEÇÃO E PREPARAÇÃO DE FILTROS

No que diz respeito a filtro para o AGV PTSCVV valem as especificações e procedimentos contidos NBR 9547 (Ref. 1).

5.1 Características do Filtro

Dois tipos de filtros têm sido utilizados no Brasil nas amostragens de PTS: o de fibra de vidro e o de quartzo.

5.1.1 Filtro de Fibra de Vidro

O filtro de fibra de vidro mais comum é o conhecido como tipo "padrão". A ENERGÉTICA oferece este tipo de filtro, identificado pela Ref. E55 ou GF-1, cujos dados técnicos podem ser vistos na Tabela 5.1 e na Tabela 5.2, em comparação com outros tipos de filtro.

Além do filtro tipo "padrão", que se presta quase que exclusivamente para determinações por processo gravimétrico, há filtro de fibra de vidro mais apurado, com baixo teor de contaminantes orgânicos e inorgânicos, para medidas de traços metálicos e não-metálicos, onde se requer análises químicas das amostras. Este tipo de filtro é conhecido como tipo "qualidade espectral". Na Tabela 5.2, os filtros Whatman EPM 2000 e Pall A/E são exemplos de filtros de fibra de vidro "qualidade espectral".

Nota 1: Todos os filtros de fibra de vidro tradicionalmente vendidos no mercado satisfazem a principal exigência das normas de que só sejam empregados nas coletas de PTS e MP_{10} filtros com eficiência de coleta > 99 % para partículas de 0,3 µm, conforme determinado pelo teste do DOP da ASTM-D2986.

Nota 2: Os filtros de fibra de vidro são geralmente alcalinos, com pH acima de 7,5. Experiências realizadas nos EUA com filtros de fibra de vidro, em condições normais de amostragem, indicaram a possibilidade de erros da ordem de 0,3 a 3,0 $\mu g/m^3$ devido à deposição de sulfatos. Assim, os filtros empregados nas coletas de partículas deveriam, de preferência, ter baixa alcalinidade superficial, a fim de evitar a absorção, durante a amostragem, de dióxido de enxofre na forma de partículas de sulfato. O ideal então seria utilizar filtros com alcalinidade na faixa de pH de 6,5 a 7,5.

5.1.2 Filtro de Quartzo

O filtro de quartzo é também de "qualidade espectral", e de qualidade geralmente superior à dos filtros de fibra de vidro. Com pH normalmente abaixo de 7,5, o filtro de quartzo atende plenamente às exigências de norma.

Na Tabela 5.2, como ilustração, o usuário poderá ver dados comparativos entre um filtro de Quartzo (Whatman QM-A) e vários filtros de fibra de vidro.

5.2 Manuseio dos Filtros

Os filtros podem ser quebradiços e sujeitos a rasgos e quebras. O pessoal de campo e do laboratório deve, portanto, estar ciente destas características e manuseá-los com cuidado.

Uma quantidade de filtros, suficiente para um período $\geq$ 3 meses para cada amostrador, deve ser numerada e pesada em um lote, um filtro de cada vez. Empilhe os filtros dentro de sua caixa de embalagem (ou uma caixa de igual tamanho), separando um do outro por uma folha de papel colorido de aproximadamente 21,5 x 28,0 cm de tamanho. Certifique-se de que os filtros fiquem empilhados em ordem numérica, de modo que o operador os use na sequência certa. Um lado da caixa pode ser cortada, de tal forma que o operador possa retirar os filtros sem danificar seus cantos.

TABELA 5.1

FILTRO DE FIBRA DE VIDRO MODELO E558X10IN

CARACTERÍSTICAS GERAIS

De fibra de vidro, com eficiência superior a 99,9 % na retenção de aerossóis de DOP (ftalato de dioctil), com diâmetro acima de 0,3 μm (teste ASTM-2986), baixíssima higroscopia, presença desprezível de material aglutinante e resistência a temperaturas de até 540 °C.

Tipo padrão, retangular, com 203 x 254 mm, utilizado principalmente em amostragem de grande volume (AGV) de partículas totais em suspensão (PTS) e de partículas de até 10 μm (MP_{10}) no ar ambiente. É similar aos filtros GF/A, da Whatman, n° 31, da Schleichel & Schuell, APFA, da Milipore, e n° 111, da Ahlstrom.

CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS

Peso (g/m^2)	**55**
Espessura (mm)	**0,21**
Retenção de partículas:	
• **Líquidas**	**1,6**
• **Tempo de escoamento d'água (s) (*)**	**23**
• **Eficiência DOP**	**99,9**
• **Perda de carga ($mmH_2O/5cm/s$)**	**34**
Tempo filtragem 1 litro d'água deionizada a 20 °C através de 9,6 cm^2 em vácuo 300 mm Hg.	

TRAÇOS METÁLICOS (ppm)

Ferro (Fe)	200
Níquel (Ni)	6,5
Manganês (Mn)	10
Cromo (Cr)	16
Chumbo (Pb)	31
Zinco (Zn)	20.000
Cádmio (Cd)	1
Cobre (Cu)	4,5

Nota: Os traços metálicos acima foram fornecidos pelo fabricante como exemplos de concentrações típicas. A ENERGÉTICA não se responsabiliza pelos mesmos.

TABELA 5.2

DADOS COMPARATIVOS ENTRE VÁRIOS TIPOS DE FILTRO

(Dados em μg/Folha de 203 x 254 mm)

	Fibra de vidro				
	Padrão		Qualidade espectral		Quartzo
"Impurezas"	**Energética E55**	**Whatman GF/A**	**Whatman EPM 2000**	**Pall A/E**	**Whatman QMA**
Alumínio (Al)	N/D	4.300	170	N/D	4
Antimônio (V)	N/D	5.500	N/D	20	<1
Arsênio (As)	N/D	<6	<6	20	<6
Bário (Ba)	N/D	8.500	50	N/D	N/D
Berílio (Be)	N/D	0,2	<1	1	1
Bismuto (Bi)	N/D	0,3	<4	10	10
Boro (B)	N/D	N/D	N/D	N/D	42
Cádmio (Cd)	3	1	<1	2	0,2
Cálcio (Ca)	N/D	2.500	540	N/D	85
Chumbo (Pb)	88	10	2,5	10	2,3
Cloro (Cl)	N/D	N/D	N/D	N/D	N/D
Cromo (Cr)	45	0,2	10	10	1,6
Cobalto (Co)	N/D	11	<1	10	1,1
Cobre (Cu)	13	56	1	2	3,4
Estanho (Sn)	N/D	5.500	15	10	10
Ferro (Fe)	795	100	15	100-1800	23
Magnésio (Mg)	N/D	1.090	238	N/D	N/D
Manganês (Mn)	28	8	<1	2	0,5
Mercúrio (Hg)	N/D	N/D	N/D	80	N/D
Molibdênio (Mo)	N/D	2	<2	10	<2
Níquel (Ni)	18	6	--	10	3,4
Selênio (S)	N/D	N/D	N/D	200	N/D
Titânio (Ti)	N/D	0,1	<1	10	<1
Vanádio (Vd)	N/D	0,1	N/D	10	N/D
Zinco (Zn)	56800	N/D	N/D	90	N/D

Informações Complementares	
Peso folha	O peso de uma folha de filtro, para qualquer modelo, situa-se geralmente em torno de 3 g.
Fontes dos dados	1) Os dados para os filtros da Whatman foram retirados do site www.whatman.com e do Compendium of Methods for Inorganic Air Pollutants – Method IO-3.1, de junho de 1999 2) Os dados do filtro E55 foram retirados da Tabela 5.1. 3) Os dados do filtro Pall (ex-Gelman) foram tirados de um antigo manual da Wedding and Associates
Recomendações	
Os dados acima são valores ilustrativos para cada filtro. Portanto, recomenda-se não utilizá-los como valor do "branco" em suas análises.	

Cada filtro deve receber um número de série; por exemplo, 10001, 10002, 10003 e assim por diante. O número deve ser impresso em dois cantos diagonalmente opostos do filtro, bem próximo da borda. Utilize o lado menos áspero do filtro para numerar. Pode-se utilizar uma caneta esferográfica, com ponta a mais grossa possível, para escrever os números. Escreva com o máximo cuidado para não danificar o filtro e de forma a deixar o número bem claro. Evite duplicação ou omissão de números.

Os filtros, tanto antes quanto após a amostragem (já com coleta), devem ser transportados em invólucros protetores, como, por exemplo, cassetes de acrílico e envelopes reforçados. Os envelopes, além da impressão para endereçamento num lado, poderão ter colado no verso o próprio formulário de campo para registro das amostragens (ver Figura 5.1).

5.3 Inspeção Visual dos Filtros

Todos os filtros devem ser inspecionados visualmente, antes de sua pesagem inicial, sendo rejeitados aqueles encontrados com defeitos. A inspeção deve, de preferência, ser feita contra uma fonte de luz plana (igual à usada em checagens de raios-X). Deve-se procurar principalmente pelos seguintes defeitos:

1. Furinhos--Um furo pequeno, aparecendo como um ponto de luz distinto e obviamente brilhante, quando examinado sobre uma mesa ou tela luminosa, ou como um ponto escuro, quando observado sobre uma superfície negra.
2. Material solto--Qualquer outro material solto ou partículas de poeira no filtro, que deva ser removido antes da pesagem do filtro. Utilize uma escova bem macia para a remoção.
3. Descoloração--Qualquer descoloração obviamente visível, que possa ser evidência de contaminação.
4. Não uniformidade do filtro--Qualquer não uniformidade obviamente visível na aparência do filtro, quando observada sobre uma mesa luminosa ou superfície negra, que possa indicar gradações da porosidade através da face do filtro.
5. Outros--Um filtro com qualquer imperfeição não descrita acima, tal como superfícies irregulares ou outros resultados de pobre fabricação.

5.4 Equilibração dos Filtros

Os filtros devem ser equilibrados num ambiente condicionado, por pelo menos 24 horas, antes de serem pesados. Neste ambiente, a umidade relativa (UR) deve ser mantida constante em torno de um valor na faixa de 20 a 45 %, com uma variação de não mais que $\pm$ 5 % durante todo o tempo de condicionamento. O ideal seria que a umidade permanecesse em torno de 40 %. Já a temperatura, deve ser mantida constante em torno de um valor médio entre 15 e 30 °C, com uma variação de não mais que $\pm$ 3 °C. A UR e a temperatura devem ser checadas e registradas nos dias de equilibração (manualmente ou com um termohigrógrafo), assegurando-se assim a conformação com as diretrizes acima.

No Apêndice G, repete-se a descrição da ABNT (Ref. 2 da Seção 10.0) para uma câmara de condicionamento e pesagem. Na câmara descrita, atente-se para a existência, dentro da câmara, de uma balança analítica, um higrômetro, um termômetro e um recipiente com sílica-gel.

Caso não possua uma câmara de equilibração (condicionamento e pesagem), o usuário pode usar uma sala com ar-condicionado para equilibração, contanto que possa ser mantida, durante a equilibração, nas faixas exigidas para a UR e a temperatura. Da mesma forma, deve-se manter um termômetro e um higrômetro na sala.

AGV PTSCVV– AMOSTRAGEM

Formulário de Registro de Dados

Número:	
Data:	
Executante:	
Conferencista:	

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVVN° _____ **CVVGV N°** _____

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Local: _____ **N° estação** _____

Período nominal de amostragem: _____ **horas**

Período de amostragem: **Data – início:** _____ **Data – final:** _____

Hora – início: _____ **Hora – final:** _____

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barom. média (P_m ou P_s): _____ **mmHg** **Temp. média (T_m ou T_s):** _____ **ºC**

Nota: os valores médios acima podem ser obtidos de uma estação meteorológica

Pressão barom. CONAMA (P_p): 760 **mmHg** **Temp. CONAMA (T_p):** 25 **ºC**

DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR

Na forma de tabela? **Sim** _____ **Não** _____

Na forma de equação (da reta)? **Sim** _____ **Não** _____

Se na forma de reta, apresente dados: a_2 = _____ b_2 = _____

Data da última calibração ou verificação: _____

DADOS (LEITURAS) DO CAMPO

Pressão diferencial no filtro (cm H_2O):

Inic. (dH_{fi}):		Final (dH_{ff}):	
p/cima	p/baixo	p/cima	p/baixo

Leitura do horâmetro (h/100): **Inícial:** _____ **Final:** _____

Leitura média da carta gráfica (D): _____

DADOS DO FILTRO

N° Filtro: _____ **Peso inicial (g):** _____ **Peso final (g):** _____

CONTROLE DA QUALIDADE

Amostrador recalibrado (ou verificado) conforme programação? **Sim** _____ **Não** _____

Traçado da pena na carta indicando anormalidade? **Sim** _____ **Não** _____

OBSERVAÇÕES

Ass. Executante **Ass. Conferencista**

Figura 5.1 Formulário de Registro de Dados – Amostragem com o AGV PTSCVV

5.5 Pesagem Inicial (Tara)

Deve-se numerar e pesar, ao mesmo tempo, um lote de filtros que seja suficiente para pelo menos três meses de amostragem.

Os filtros devem ser pesados numa balança analítica com resolução de pelo menos 0,1 mg. Cada balança usada nos procedimentos de pesagem deve ser identificada por um número serial. Cada balança deve receber um bloco de números de identificação de filtros, para uso sequencial. São os seguintes os procedimentos:

1. Certifique-se de que a balança foi calibrada (pelo menos anualmente). Caso a balança esteja descalibrada, providencie sua calibração.

2. Caso os filtros sejam pesados fora da câmara de condicionamento, tome cuidado para evitar interferência com as partículas higroscópicas do ambiente, e inicie o procedimento de pesagem dentro de 30 segundos. Pese o filtro assegurando de que esteja obtendo uma leitura estável. Em intervalos de rotina, verifique o zero e a calibração da balança, conforme instrução na próxima subseção.

   Atenção: Tome cuidado ao carregar e descarregar a balança com o filtro. Os cantos e bordas do filtro não devem bater na porta da balança. Caso tenha que dobrar o filtro, para colocá-lo na balança, dobre-o só o suficiente, evitando que ele se quebre, formando vincos.

3. Coloque o filtro tarado, com seu número de identificação para cima, em seu recipiente original ou numa caixa de tamanho comparável. Coloque uma folha de papel colorido, indicador, com 21,5 x 28,0 cm, entre cada filtro.

4. Anote o número da balança, o número de identificação do filtro e a tara (peso inicial do filtro) numa folha de controle das pesagens tal como a mostrada na Figura 5.2. Quando encadernadas, estas folhas podem servir como livro de anotações das pesagens no laboratório. Qualquer peso de filtro fora do entorno de 3,0 g deve ser investigado imediatamente. Numere sequencialmente cada folha no seu canto superior direito. O número de identificação e a tara (peso inicial) do filtro são também anotados na folha de campo (Figura 5.1).

Número ident.	**Balança:**	***543201***			
Operador da Balança:	***José Silva***		**Supervisor de CQ:**	***João Soares***	
Data	**N° Filtro**	**Tara da Balança**	**Tara (g)**	**Peso Bruto (g)**	**Análise Adicional**
11/10/88	***10001***	***0,0000***	***3,1921***	**-**	**-**
	10002	***0,0000***	***3,0925***	**-**	**-**
	10003	***0,0001***	***3,1426***	**-**	**-**
17/10/88	***10001***	***0,0000***	**-**	***3,3529***	**-**
	10002	***0,0000***	**-**	***3,2537***	**-**
	10003	***0,0000***	**-**	***3,3017***	**-**

Figura 5.2 Exemplo de Folha de Controle das Pesagens de Filtro

6.0 OPERAÇÕES NO CAMPO

Este capítulo apresenta informações pertinentes à operação básica e rotineira de um AGV PTSCVV. Também estão incluídas algumas referências da US EPA sobre localização de amostradores, procedimentos de laboratório e atividades de CQ/GQ.

6.1 Exigências de Localização (da US EPA)

A ENERGÉTICA recomenda que sejam usados os critérios pertinentes da US EPA para a localização do AGV PTSCVV. Este critérios, completos, são encontrados no 40 CFR 58 (Ref. 7, Seção 10.0). Algumas exigências mínimas são apresentadas abaixo:

1. O amostrador deve ficar afastado em no mínimo 20 m de árvores, edifícios ou outros grandes obstáculos. Uma regra geral é que o amostrador fique afastado de um obstáculo em no mínimo duas vezes a altura do obstáculo com relação à entrada do amostrador.

2. A entrada do amostrador deve ficar de 2 a 7 m do solo.

3. O fluxo de ar em redor do amostrador deve ficar livre pelo menos 270° de qualquer obstrução.

4. A entrada do amostrador deve ficar no mínimo 2 m da entrada de qualquer outro amostrador de grande volume (AGV). Para amostradores co-locados (por exemplo, para amostragens simultâneas, com o objetivo de avaliações comparativas), as entradas devem ficar a no máximo 4 m umas das outras.

5. Não coloque o amostrador diretamente no solo.

6. Não coloque o amostrador perto de chaminés ou exaustores.

7. Caso as amostras tenham que ser analisadas quimicamente (por exemplo, com espectômetro de massa), avalie o potencial de contaminação no local.

Nota: Para o estudo apurado sobre localização de amostradores, o usuário deverá familiarizar-se com o conceito de "escala de representatividade" (escalas "micro", "média", "suburbana", "urbana" e "regional"), apresentado no 40 CFR 58, mencionado acima). Também recomenda-se ao usuário consultar o órgão de controle ambiental de seu estado ou um especialista.

6.2 Operações de Amostragem

Fácil de usar, o AGV PTSCVV é um instrumento capaz de fornecer dados exatos e reprodutíveis, bastando, para isso, que seja adequadamente calibrado e operado. Se os procedimentos de calibração apresentados neste manual forem devidamente seguidos, a operação de rotina do amostrador torna-se altamente simplificada.

Do mesmo modo que os procedimentos de calibração apresentados no Capítulo 4.0, todos os procedimentos operacionais apresentados neste manual estão conformes e de acordo com as formalidades da ABNT e da US EPA.

6.2.1 Considerações de Temperatura e Pressão

Conforme mencionado na Subseção 4.1.2, teríamos, rigorosamente, para o cálculo da vazão média (Q_p) durante a amostragem com o AGV PTSCVV, que conhecer a temperatura ambiente média (T_m) e a pressão barométrica média (P_m) durante o período de amostragem. A

maneira prática e mais confiável de se obter estes valores é por meio de uma estação meteorológica.

Também foi mencionado na Subseção 4.1.2 que caso o cliente não possua uma estação meteorológica próxima, própria ou de outrem, as médias T_m e P_m podem ser substituídas respectivamente pelas médias sazonais (ou semestrais ou anuais) T_s e P_s. Deve-se, contudo, tomar o cuidado para que estas médias sazonais estejam disponíveis e que as condições reais no local possam ser razoavelmente representadas por tais médias. É, portanto, recomendado - pela US EPA, Ref. 2, Seção 10.0 - que os valores sazonais representem valores reais com aproximação de 20 °C e 40 mm Hg.

Recomendamos ao usuário ler atentamente a Subseção 4.1.2.

6.2.2 Antes de Ir para o Campo

1. Junte o seguinte material:

   - o filtro, previamente identificado e pesado, dentro de invólucro protetor (por exemplo, cassete, envelope reforçado);
   - o formulário de campo (Figura 5.1);
   - carta gráfica e pena para o registrador;
   - caneta, papel extra para anotações e uma prancheta;
   - miscelânea (chave de fenda, multímetro, chaves, pinça, pincel, luvas, material de limpeza etc.).

2. Inspecione o filtro e veja se está identificado (na borda, do lado menos rugoso) e se não há furos, rasgos ou outras irregularidades. Caso encontre irregularidades, rejeite o filtro e selecione outro. Anote o número de identificação do filtro selecionado no formulário de campo.

3. Manuseie o filtro com todo o cuidado. É recomendável usar luvas e uma pinça para alojá-lo no invólucro protetor (cassete ou envelope reforçado).

4. Atrás da carta gráfica, anote o número de série do amostrador e a data da amostragem.

6.2.3 No Campo, Antes da Amostragem

1. Transporte o material de amostragem (filtro, cartas, formulários etc.) para o local do amostrador.

2. Retire o cadeado, levante o teto e abra a porta da casinhola. Mantenha o teto levantado com a escora de alumínio que se encontra ao lado do porta-filtro.

3. Solte os quatro manípulos de aperto do porta-filtro e retire a moldura de aperto do filtro. Inspecione a tela do porta-filtro e remova quaisquer depósitos ou material estranho, caso existam. Utilize um pano umedecido, tendo o cuidado de não deixar úmida a superfície.

4. Inspecione a junta de vedação da moldura de aperto do filtro, e veja se não há danos ou compressão. Substitua-a, se necessário, antes de iniciar a amostragem. Limpe-a.

5. Verifique o topo do porta-filtro e veja se não risco de o filtro ficar colado após aperto. Caso haja risco, recomenda-se passar um pano no porta-filtro.

6. Coloque, com cuidado e bem centralizado, o filtro novo (identificado e já pesado), com o lado rugoso para cima, diretamente sobre a tela de arame. Certifique-se de que o filtro ficará, após instalado, com no mínimo 1 cm de borda, em cada um de seus quatro lados, apoiado na moldura do porta-filtro.

7. Aperte os quatro manípulos de aperto, o suficiente para evitar entrada falsa entre o filtro e a moldura de aperto. O aperto dos manípulos deve ser dois a dois, diagonal e simultaneamente, a fim de obter compressão uniforme da junta. Evite apertar os manípulos excessivamente, pois poderá causar a colagem do filtro no porta-filtro ou danificar permanentemente a junta.

8. Baixe o teto e abra a porta da casinhola.

9. Certifique-se de que o motoaspirador e o registrador estejam com seus cabos devidamente conectados nas respectivas tomadas de força e de que o aparelho esteja conectado a uma fonte externa de alimentação (110 V ou 220 V). Certifique-se também de que a mangueira do registrador esteja conectada ao tê de passagem da pressão de estagnação da tomada de pressão embaixo do porta-filtro.

   Nota: Caso possua um multímetro, verifique a tensão de alimentação do motor. Lembre-se que a tensão de alimentação do motor deve permanecer o mais próximo possível da voltagem nominal de 120 V (ou 240 V).

8. Prepare o registrador de eventos. Se necessário, veja detalhes do registrador no Apêndice C. Com um pano limpo, remova qualquer excesso de tinta ou umidade no interior do instrumento. Levante a haste da pena do registrador e instale uma carta para teste (pode ser usada). Baixe a haste da pena. Ligue e desligue o motoaspirador por alguns minutos. Aí aproveite para certificar-se de que a pena está realmente deixando um traçado adequado na carta. Troque-a caso não deixar traço.

   Atenção: Após os minutos de teste, dê tapinhas no registrador e cheque se a pena volta para a posição zero. Não se preocupe caso ela, após as tapinhas, ficar distante, para um lado ou para o outro, em até 3 mm da circunferência do zero. Não mexa mais no "zeramento" da pena, a não ser que ocorra alguma anormalidade.

9. Cheque o manômetro de 800 mm. Veja se está devidamente conectado, pela mangueira, ao espigão ao lado da casinhola. Ajuste-o (zere-o). A linha do zero deve coincidir com os fundos dos meniscos. Veja se não há deformações na mangueira de conexão. Com as válvulas do manômetro abertas, ligue e desligue o motoaspirador por alguns segundos e observe se o líquido está fluindo livremente.

   Nota: Ambas as válvulas do manômetro devem estar abertas toda vez que se tomar leituras da pressão diferencial. Entretanto, recomenda-se mantê-las fechadas quando não se estiver fazendo leituras, a fim de evitar a entrada de material estranho (poeira, insetos etc.) no manômetro.

10. Ligue e desligue o motoaspirador por alguns segundos e verifique se o horâmetro está funcionando. Ver detalhes do horâmetro no Apêndice B.

11. Ligue o amostrador, caso já não o esteja, e deixe-o funcionar por pelo menos 3 minutos, até atingir equilíbrio térmico.

12. Enquanto o aparelho está esquentando, anote os seguintes dados no Formulário de Registro de Dados da Amostragem (Figura 5.1):

    - Dados gerais:
      - Número do formulário de registro

  - Data de emissão do registro
  - Nome do executante
  - Nome do conferencista
- Dados do equipamento:
  - Identificação do amostrador
  - Identificação do CVV
- Local e período da amostragem:
  - Local da amostragem
  - N° da estação (caso haja)
  - Período nominal da amostragem (geralmente 24 horas)
  - Data-início da amostragem
  - Dada-final da amostragem
  - Hora-início da amostragem
  - Hora-final da amostragem
- Dados ambientais:
  - Pressão barométrica média da amostragem (P_m ou P_s) durante a amostragem
  - Temperatura ambiente média da amostragem (T_m ou T_s) durante a amostragem
- Dados da última calibração do amostrador:
  - Informe, *sim* ou *não*, se a calibração é apresentada na forma de tabela de vazão
  - Informe, *sim* ou *não*, se a calibração é apresentada na forma de equação da reta
  - Se na forma de equação, anote os valores de a_2 e b_2 da ultima calibração
  - Data da última calibração ou verificação
- Dados do filtro:
  - Número do filtro
  - Peso inicial do filtro

13. Após os três minutos de funcionamento do motor, faça, no manômetro de 800 mm, as leituras “para cima” e “para baixo” da pressão diferencial inicial dH_{fi}, e anote-as no formulário (Figura 5.1). Atenção: abstenha-se de somar as leituras.

14. Desligue o amostrador.

15. Retire a carta de teste e instale a carta “para valer” (com anotações). Com uma chave de fenda, e a pena ainda levantada, gire a carta (no sentido dos ponteiros do relógio) até a hora do início da amostragem. Quando devidamente ajustada a carta, a hora de início fica coincidindo como ponteiro indicador localizado do lado direito da carta. Tocando a carta suavemente, verifique se está livre de girar.

17. Prepare o timer (ver Apêndice A). Certificando-se que clock do timer está funcionado adequadamente, acerte-o (data, hora e minuto). Em seguida, programe-o conforme a programação de amostragem. Lembre-se que a US EPA exige que a amostragem seja de ½ noite a ½ noite. Faça a leitura inicial do horâmetro e anote-a no formulário de campo. Certifique-se de encaixar de volta a tampinha do timer.

18. Feche a porta da casinhola.

19. Na formulário de campo (Figura 5.1) devem, além dos dados anotados no Passo 12 acima, estar anotados os seguintes dados:

    - Dados (leituras) do campo:
      - Valores “para cima” e “para baixo” da pressão diferencial inicial do filtro (dH_{fi})
      - Leitura inicial do horâmetro
    - Controle da qualidade:
      - Informe se o amostrador foi calibrado (ou verificado) conforme programação

Veja, na Figura 6.1a, a folha de amostragem preenchida com os dados iniciais do campo.

AGV PTSCVV– AMOSTRAGEM

Formulário de Registro de Dados

Número:	***09/005***
Data:	***29/10/09***
Executante:	***José***
Conferencista:	***Maria***

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVV N° ***PTSC-0020*** **CVV N°** ***CVV-0240***

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Local: ***Energética*** **N° estação** ***E1***

Período nominal de amostragem: **24** **horas**

Período de amostragem: **Data – início:** ***29/10/09*** **Data – final:** ***30/10/09***

Hora – início: ***23:59*** **Hora – final:** ***23:59***

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barom. Média (P_m ou P_s): _____ **mmHg** **Temp. média (T_m ou T_s):** _____ **ºC**

Nota: os valores médios acima podem ser obtidos de uma estação meteorológica

Pressão barom. CONAMA (P_p): **760** **mmHg** **Temp. CONAMA (T_p):** **25** **ºC**

DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR

Na forma de tabela? **Sim** ***X*** **Não** _____

Na forma de equação (da reta)? **Sim** _____ **Não** ***X***

Se na forma de reta, apresente dados: a_2 = ***----*** b_2 = ***----***

Data da última calibração ou verificação: ***20/10/09***

DADOS (LEITURAS) DO CAMPO

Pressão diferencial no filtro (cm H_2O):

Inic. (dH_{fi}):		Final (dH_{ff}):	
p/cima	p/baixo	p/cima	p/baixo
21,4	*21,0*		

Leitura do horâmetro (h/100): **Inícial:** ***53,73*** **Final:** _____

Leitura média da carta gráfica (D): _____

DADOS DO FILTRO

N° Filtro: ***09/0002*** **Peso inicial (g):** ***2,8231*** **Peso final (g):** _____

CONTROLE DA QUALIDADE

Amostrador recalibrado (ou verificado) conforme programação? **Sim** ***X*** **Não** _____

Traçado da pena na carta indicando anormalidade? **Sim** _____ **Não** _____

OBSERVAÇÕES

Ass. Executante **Ass. Conferencista**

Figura 6.1a Formulário de Registro de Dados – Amostragem com o AGV PTSCVV (com dados iniciais do campo)

6.2.4 No Campo, Após a Amostragem

1) Tão logo que possível, de preferência logo na manhã após a ½ noite do término da amostragem, retorne à estação do AGV PTSCVV, não esquecendo de levar o seguinte material:

   - as chaves do cadeado e da porta do amostrador;
   - o invólucro protetor (cassete ou envelope) para o filtro com coleta;
   - o formulário de campo com os dados iniciais (Figura 6.1a);
   - caneta, papel extra para anotações e uma prancheta;
   - chave de fenda e outras ferramentas eventualmente necessárias;
   - material de limpeza

2. Sem levantar o teto de entrada (antes mesmo de recolher o filtro), abra a porta dianteira do amostrador.

3. Ligue o amostrador e aguarde três minutos até que atinja equilíbrio térmico. Logo em seguida, abra as torneiras do manômetro de 800 mm e leia, na escala, a pressão diferencial final dH_{ff}, e anote-a na folha de campo (Figura 6.1a):

   - Dados (leituras) do campo:
     - Valores “para cima” e “para baixo” da pressão diferencial final do filtro (dH_{ff})

4. Aproveite os três minutos para checar se está tudo funcionando, principalmente o motor, o horâmetro, o registrador e o timer. Anote os defeitos que por ventura observe.

5 Levante o teto e retire a moldura de aperto do filtro, soltando os quatro manípulos de alumínio. Remova o filtro, segurando-o cuidadosamente pelas bordas. Evite segurar o filtro pelos cantos.

6. Cheque o filtro, vendo se não há sinais de passagens de ar, que podem resultar de juntas da moldura gastas ou mal instaladas. Caso encontre passagens de ar, rejeite o filtro (anule a amostragem), determine a causa e inicie ação corretiva antes de iniciar outro período de amostragem.

7. Inspecione visualmente a superfície da junta da moldura de aperto e veja se não há fibras de vidro desgarradas do filtro em decorrência de aperto demasiado dos manípulos, bem como se não há rasgos no filtro ao longo da borda interna da junta da moldura.

8. Veja se não há danos físicos no filtro que possam ter surgido durante ou após a amostragem. Danos físicos ocorridos após a amostragem não invalidam a amostra contanto que todos os pedaços do filtro sejam colocados no invólucro protetor. Entretanto, passagens de ar no filtro durante o período de amostragem ou perda de partículas soltas após a amostragem (por exemplo, quando da dobra do filtro) invalidam a amostra. Deste modo, marque tais amostras com a palavra “nula” antes de mandá-las para o laboratório.

9. Verifique a aparência das partículas coletadas. Quaisquer alterações na cor normal, por exemplo, podem ser indicativas de novas fontes de emissão ou de atividades de construção na área. Anote qualquer alteração observada no invólucro protetor do filtro, além de quaisquer razões óbvias para a alteração.

10. Dobre o filtro ao meio, no sentido de seu maior comprimento, com o lado da coleta para dentro. Caso a amostra coletada não esteja centrada no filtro (por exemplo, a borda não exposta ficou disforme em redor do filtro), dobre o filtro de modo que só área de depósito toque área de depósito. O manuseio inadequado do filtro pode, por exemplo,

prejudicar eventuais amostragens para a determinação de metais, onde o filtro tem que ser cortado em partes iguais.

11. Coloque o filtro nos seu invólucro protetor numerado.

12. Retire a carta gráfica do registrador. Observe se não há alguma anormalidade no traçado da pena, que possa invalidar a amostragem. Caso ainda não tenha sido feito, anote, atrás da carta, a identificação do AGV PTSCVV, e a data de amostragem. Coloque a carta, juntamente com o filtro, no invólucro protetor, tendo o devido cuidado de evitar que o lado com o traçado da pena fique em contacto com o filtro.

13. Cheque o timer e veja se seu clock continua acertado. Faça a leitura final do horâmetro.

14 Observe as condições nas proximidades do local de monitoramento e registre quaisquer atividades incomuns que possam ter afetado a amostragem (por exemplo, chuva, incêndio, etc.).

15. Anote, no formulário de campo (Figura 6.1a), os seguintes dados:

    - Dados (leituras) do campo:
      - Leitura final do horâmetro
      - Leitura da carta gráfica
    - Controle da qualidade:
      - Informe qualquer anormalidade indicada pela carta gráfica
    - Observações:
      - Informe quaisquer condições incomuns no entorno durante a amostragem

    Veja, na Figura 6.1b, como fica o formulário de campo após preenchido com os dados pós-amostragem.

15. Transporte o filtro para o laboratório e entregue-o, juntamente com o formulário de campo, ao responsável pela guarda de amostras.

    Nota: A fim de minimizar perdas de partículas voláteis, os filtros com coleta devem ser mantidos nos seus invólucros protetores até a realização das análises.

6.2.5 Análise do Filtro e Cálculo das Concentrações de PTS

A análise pós-amostragem de filtros é discutida nas Subseções 7.1 e 7.2. O cálculo das concentrações de PTS é tratado na Subseção 8.2.

6.3 Validação da Amostragem e Documentação

6.3.1 Critérios de Validação no Campo

Os seguintes critérios foram estabelecidos com o fim de orientar o usuário na determinação se a amostra é válida ou não. Caso a amostra não satisfaça esses critérios, não jogue o filtro fora. Documente quaisquer fatores observados que possam resultar na invalidação da amostra; anote-os nos formulários de campo e entregue o filtro e os formulários ao supervisor do laboratório.

1. De tempo:

    - Todo amostrador deve ser ligado e desligado dentro de ½ hora da meia-noite.
    - Todo amostrador deve operar por no mínimo 23 horas e por no máximo 25 horas (1.380 a 1.500 min.).

AGV PTSCVV– AMOSTRAGEM

Formulário de Registro de Dados

Número:	***09/005***
Data:	***29/10/09***
Executante:	***José***
Conferencista:	***Maria***

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVV N° ***PTSC-0020*** **CVV N°** ***CVV-0240***

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Local: ***Energética*** **N° estação** ***E1***

Período nominal de amostragem: **24** **horas**

Período de amostragem: **Data – início:** ***29/10/09*** **Data – final:** ***30/10/09***

Hora – início: ***23:59*** **Hora – final:** ***23:59***

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barom. Média (P_m ou P_s): ***758*** **mmHg** **Temp. média (T_m ou T_s):** ***27*** **ºC**

Nota: os valores médios acima podem ser obtidos de uma estação meteorológica

Pressão barom. CONAMA (P_p): **760** **mmHg** **Temp. CONAMA (T_p):** **25** **ºC**

DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR

Na forma de tabela? **Sim** ***X*** **Não**

Na forma de equação (da reta)? **Sim** **Não** ***X***

Se na forma de reta, apresente dados: a_2 = ***----*** b_2 = ***----***

Data da última calibração ou verificação: ***20/10/09***

DADOS (LEITURAS) DO CAMPO

Pressão diferencial no filtro (cm H_2O):

Inic. (dH_{fi}):		Final (dH_{ff}):	
p/cima	p/baixo	p/cima	p/baixo
21,4	***21,0***	***21,9***	***21,7***

Leitura do horâmetro (h/100): **Inícial:** ***53,73*** **Final:** ***77,73***

Leitura média da carta gráfica (D): ***5,5***

DADOS DO FILTRO

N° Filtro: ***09/0002*** **Peso inicial (g):** ***2,8231*** **Peso final (g):**

CONTROLE DA QUALIDADE

Amostrador recalibrado (ou verificado) conforme programação? **Sim** ***X*** **Não**

Traçado da pena na carta indicando anormalidade? **Sim** **Não** ***X***

OBSERVAÇÕES

Ass. Executante **Ass. Conferencista**

Figura 6.1b Formulário de Registro de Dados – Amostragem com o AGV PTSCVV (com dados finais do campo)

2. De vazão:

   Após cada período de amostragem, calcule, conforme discutido na Subseção 4.3.4, a diferença percentual entre a vazão $\overline{Q_r}(amostrador)$ e a vazão de projeto (1,22 m^3/min) pela seguinte expressão (a mesma que a Equação 4.9 na Subseção 4.3.4):

   $$\text{Desvio \% da Vazão de Projeto } = \left[\frac{Q_r(amostrador) - 1{,}22}{1{,}22}\right][100] \qquad \text{(Eq. 6.1)}$$

   $\overline{Q_r}$ (amostrador) deve estar dentro dos limites aceitáveis para a faixa de vazão, ou seja, de 90 a 100 % de 1,22 m^3/min (isto é, 1,09 a 1,34 m^3/min), ou conforme recomendação da US EPA, de 93 a 107 % de 1,22 m^3/min (isto é, de 1,13 a 1,31 m^3/min). Caso estes limites sejam excedidos, procure as causas imediatamente. Os seguintes critérios são base para a determinação da validade da amostra:

   - Desvios da vazão operacional durante a amostragem, $\overline{Q_r}(amostrador)$, em mais de 7 % com relação à vazão de projeto (1,22 m^3/min) pode resultar na invalidade da amostra. Recalibre o amostrador. O operador deve indicar quaisquer ocorrências suspeitas no formulário de campo. O supervisor do laboratório tomará a decisão final quanto à validade da amostra.

   - Procure acompanhar a evolução dos desvios da vazão operacional com relação à vazão de projeto e fique atento a se não há alterações estranhas que possam ocorrer na tendência. Caso ocorram, investigue as possíveis causas, como, por exemplo, falha na última calibração, dano no CVV etc. Falhas nos procedimentos de calibração, por exemplo, pode acarretar a invalidação de todas as amostragens desde a última calibração. Recalibre o amostrador.

6.3.2 Critérios de Validação no Laboratório

O encarregado pela guarda de amostras no laboratório é responsável pela realização de uma checagem secundária da validade de uma amostra. Não jogue fora uma amostra que falhe em satisfazer estes critérios; ao invés, encaminhe-a ao supervisor do laboratório, que tomará uma decisão final sobre a validade da amostra.

1. Procure sinais de vazamento no filtro. Vazamentos podem decorrer de junta gasta. A junta se deteriora lentamente. Um usuário experiente saberá determinar quando uma junta está tão gasta que é momento de trocá-la por uma nova. Caso haja sinais de vazamento, anule a amostra, determine as causas e dê instruções ao operador para tomar ações corretivas antes de iniciar outro período de amostragem.

2. Verifique se não há dano físico no filtro exposto (com coleta), que possa ter ocorrido durante ou após a amostragem. Dano físico após a amostragem não invalidará a amostra se todos os pedaços do filtro estiverem colocados na pasta. Contudo, perdas completas de partículas soltas após a amostragem (por exemplo, perda quando da dobra do filtro) invalidará a amostra. Marque tais amostras com “nula” e anote nos formulários de campo.

3. Verifique a aparência das partículas. Quaisquer alterações na cor normal pode indicar novas fontes de emissão ou atividades de construção na área. Anote alterações.

6.3.3 Documentação

A guarda de registros é uma parte crítica de um programa de garantia da qualidade (GQ). A documentação cuidadosa dos dados de amostragem poderá salvar dados que, ao contrário, poderão perder-se.

Os seguintes dados, anotados até este ponto pelo operador (ou operadores) de campo no formulário de campo (Figuras 6.1a e 6.1b), devem ser posteriormente conferidos, de preferência por um profissional de supervisão:

- Dados gerais:
  - Número do formulário de registro
  - Data de emissão do registro
  - Nome do executante
  - Nome do conferencista
- Dados do equipamento:
  - Identificação do amostrador
  - Identificação do CVV
- Local e período da amostragem:
  - Local da amostragem
  - N° da estação (caso haja)
  - Período nominal da amostragem (geralmente 24 horas)
  - Data-início da amostragem
  - Dada-final da amostragem
  - Hora-início da amostragem
  - Hora-final da amostragem
- Dados ambientais:
  - Pressão barométrica média da amostragem (P_m ou P_s) durante a amostragem
  - Temperatura ambiente média da amostragem (T_m ou T_s) durante a amostragem
- Dados da última calibração do amostrador:
  - Informe, *sim* ou *não*, se a calibração é apresentada na forma de tabela de vazão
  - Informe, *sim* ou *não*, se a calibração é apresentada na forma de equação da reta
  - Se na forma de equação, anote os valores de a_2 e b_2 da ultima calibração
  - Data da última calibração ou verificação
- Dados (leituras) do campo:
  - Valores “para cima’ e “para baixo” da pressão diferencial inicial do filtro (dH_{fi})
  - Valores “para cima’ e “para baixo” da pressão diferencial final do filtro (dH_{ff})
  - Leitura inicial do horâmetro
  - Leitura final do horâmetro
  - Leitura da carta gráfica (D)
- Dados do filtro:
  - Número do filtro
  - Peso inicial do filtro
- Controle da qualidade:
  - Informe se o amostrador foi calibrado (ou verificado) conforme programação
  - Informe qualquer anormalidade indicada pela carta gráfica
- Observações:
  - Informe quaisquer condições incomuns no entorno durante a amostragem (por exemplo, chuva, incêndio, etc.

Nota: Para completar o preenchimento do formulário, falta ainda o peso final do filtro.

7.0 ANÁLISES DOS FILTROS COM COLETA

7.1 Documentação e Inspeção dos Filtros com Coleta

Ao receber uma amostra (filtro com coleta) do campo, o responsável pela guarda das amostras deve obedecer o seguinte procedimento:

1. Examine o Formulário de Registro de Dados – Amostragem com o AGV PTSCVV (Figura 6.1b). Determine se todos os dados necessários para verificar a validade das amostras e para calcular a concentração mássica estão disponíveis (isto é, temperatura ambiente, pressão barométrica no local e tempo decorrido de amostragem). Anule a amostra caso estejam faltando dados ou estes não tenham sido entregues pelo operador de campo, ou haja evidência de defeito no amostrador.

2. Caso o filtro com coleta tenha vindo acondicionado para remessa, remova o filtro - normalmente dobrado - de seu invólucro protetor (cassete ou envelope reforçado) e examine este invólucro. Desdobre o filtro. Caso tenha havido desprendimento de material do filtro, recupere-o, tanto quanto possível, do invólucro para a área de depósito do filtro, usando para isso uma escova de cerdas bem macias ou uma pinça.

3. Compare o número de identificação do filtro com o correto formulário de dados de laboratório (Figura 5.2), no qual o número de identificação da balança, o número de identificação do filtro, a tara do filtro e outras informações originais estão registrados. O encarregado pela guarda de filtros deve agrupar os filtros de acordo com os seus números de identificação registrados por balança. A separação inicial de filtros por número de identificação por balança reduz a probabilidade de um erro de pesagem que possa resultar do uso de diferentes balanças para as determinações de taras e de pesos brutos.

4. Inspecione o filtro e veja se não há danos surgidos durante a amostragem. Conduza uma checagem secundária da validade de uma amostra (conforme apresentado na Subseção 6.3.2). Caso haja insetos incrustados no depósito de amostra, remova-os com pinças com pontas de teflon, mexendo o menos possível no depósito de amostra. Caso observe mais de 10 insetos, leve a amostra ao conhecimento do supervisor, para que seja tomada uma decisão quanto à aceitação ou rejeição do filtro antes de sua análise.

5. Coloque os filtros sem defeitos em invólucros protetores (cassete ou envelope de papel reforçado) e os encaminhe para pesagem e análise no laboratório. Arquive as folhas de dados, para cálculos posteriores da concentração mássica.

6. Coloque os filtros defeituosos, com a relação dos defeitos ocorridos, em invólucros limpos e separados, etiquete os invólucros e entregue-os ao supervisor do laboratório para aprovação final ou não da validade do filtro.

7.2 Equilibração do Filtro

Os filtros com coleta devem ser equilibrados e pesados da mesma forma que os filtros sem coleta, ou seja, num ambiente de condicionamento por um período de 24 h. Para os filtros com coleta, caso se suspeite de umidade elevada, o período de condicionamento pode ser estendido de 24 para até 48 horas. Veja a Subseção 5.4 e o Apêndice G com procedimentos detalhados para a equilibração de filtros.

7.3 Pesagem Final (Peso Bruto)

1. Pese os filtros com coleta, na balança analítica, com aproximação de um décimo de miligrama (0,1 mg). Veja, para orientação, os Passos 1 a 4 do procedimento de pesagem da tara (Subseção 5.5). Nota: Os filtros com coleta são normalmente pesados dobrados, com a coleta para dentro.

2. Caso possível, pese os filtros com a balança dentro da câmara condicionada. Caso contrário, certifique-se de que a balança esteja tão próxima quanto possível da câmara condicionada, onde esteja relativamente livre de correntes de ar e onde esteja à ou próxima à temperatura da câmara. A pesagem deve ser efetuada não mais de 30 s após a retirada dos filtros de dentro da câmara condicionada.

   Obs.: Pode-se usar um dessecador, com tamanho suficiente para acomodar o filtro, contendo sílica-gel.

3. Anote o peso bruto do filtro na Folha de Controle das Pesagens (Figura 5.2) e no Formulário de Amostragem (Figura 6.1b). Na Figura 7.1 mostra-se o Formulário de Registro de Dados com o peso bruto anotado:

   - Dados do filtro:
     - Peso final do filtro

4. Caso o filtro de PTS não tenha que ir para análises adicionais, coloque-o num invólucro protetor. Entregue os filtros pesados ao responsável pela guarda de filtros, para serem arquivados.

5. Por outro lado, caso o filtro tenha que ir para análises adicionais, coloque-o num invólucro protetor e certifique-se de que as análises adicionais exigidas estejam anotadas no invólucro. Cuidadosamente remeta cada filtro para o responsável pela guarda de filtros, que o encaminhará para o laboratório responsável pelas análises adicionais.

7.4 Cálculo da Carga Líquida de PTS no Filtro

O peso bruto menos a tara do filtro de PTS é o peso líquido de PTS para aquele filtro. Cada cálculo deste processo deve ser independentemente validado. A Seção 8.0 trata dos procedimentos de cálculo da concentração mássica de PTS.

AGV PTSCVV– AMOSTRAGEM

Formulário de Registro de Dados

Número:	***09/005***
Data:	***29/10/09***
Executante:	***José***
Conferencista:	***Maria***

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVV N° ***PTSC-0020*** **CVV N°** ***CVV-0240***

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Local: ***Energética*** **N° estação** ***E1***

Período nominal de amostragem: **24** **horas**

Período de amostragem: **Data – início:** ***29/10/09*** **Data – final:** ***30/10/09***

Hora – início: ***23:59*** **Hora – final:** ***23:59***

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barom. Média (P_m ou P_s): ***758*** **mmHg** **Temp. média (T_m ou T_s):** ***27*** **ºC**

Nota: os valores médios acima podem ser obtidos de uma estação meteorológica

Pressão barom. CONAMA (P_p): **760** **mmHg** **Temp. CONAMA (T_p):** **25** **ºC**

DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR

Na forma de tabela? **Sim** ***X*** **Não**

Na forma de equação (da reta)? **Sim** **Não** ***X***

Se na forma de reta, apresente dados: a_2 = ***----*** b_2 = ***----***

Data da última calibração ou verificação: ***20/10/09***

DADOS (LEITURAS) DO CAMPO

Pressão diferencial no filtro (cm H_2O):

Inic. (dH_{fi}):		Final (dH_{ff}):	
p/cima	p/baixo	p/cima	p/baixo
21,4	***21,0***	***21,9***	***21,7***

Leitura do horâmetro (h/100): **Inícial:** ***53,73*** **Final:** ***77,73***

Leitura média da carta gráfica (D): ***5,5***

DADOS DO FILTRO

N° Filtro: ***09/0002*** **Peso inicial (g):** ***2,8231*** **Peso final (g):** ***2,8975***

CONTROLE DA QUALIDADE

Amostrador recalibrado (ou verificado) conforme programação? **Sim** ***X*** **Não**

Traçado da pena na carta indicando anormalidade? **Sim** **Não** ***X***

OBSERVAÇÕES

Ass. Executante **Ass. Conferencista**

Figura 7.1 Formulário de Registro de Dados – Amostragem com o AGV PTSCVV (com dados até a pesagem final)

8.0 CÁLCULOS, VALIDAÇÕES E RELATÓRIOS

8.1 Considerações Preliminares

1. As concentrações mássicas de PTS são expressadas em microgramas por metro cúbico padrão ($\mu g/m^3$ padrão). Conforme já visto, as condições de referência ou padrão são 25 °C (298 K) e 760 mm Hg.

2. Os procedimentos de cálculos para o AGV PTSCVV são semelhantes aos procedimentos de cálculos para o AGV MP_{10} e o AGV $MP_{2,5}$. Todos usam um Controlador Volumétrico de Vazão (CVV), tipo venturi, para controlar a vazão.

3. Os cálculos apresentados neste capítulo supõem que o amostrador tenha sido calibrado em unidades de vazão volumétrica real (Q_r) e que tenham sido usados os valores médios da temperatura e da pressão para cada período de amostragem. Se é para serem usados os valores médios sazonais da temperatura e da pressão para o local, T_m pode ser substituída por T_s, e P_m por P_s, nas Equações 8.4 e 8.5.

8.2 Cálculos

Para os cálculos, parte-se dos dados registrados no Formulário de Registro de Dados da Figura 7.1, digitando-os na Planilha de Cálculo da Amostragem do AGV PTSCVV, com duas versões ligeiramente diferente (ver Figs. 8.1a e 8.1b), dependendo de como é obtida a vazão. A escolha da Planilha de Cálculo é feita a priori, dependendo se o usuário já possui uma tabela de vazão, devidamente verificada, para obtenção da vazão, ou se vai mesmo obter a vazão calculando-a pela equação de calibração (Eq. 8.5). O mesmo exemplo é apresentado em ambas as figuras e corresponde aos dados anotados na Figura 7.1. Os dados obtidos no campo devem ser lançados nas células em verde.

Digitados os dados do Formulário de Registro de Dados, as Planilhas de Cálculo da Amostragem (Figs. 8.1a e Fig 8.1b) fazem os seguintes cálculos (células em cor amarela):

1. Calcula a média (dH_f), em mm Hg, das leituras inicial e final da pressão de estagnação diferencial, pela equação:

$$dH_f = \frac{dH_{fi} + dH_{ff}}{2} \qquad \text{(Eq. 8.1)}$$

onde dH_{fi} = a pressão diferencial inicial no filtro
dH_{ff} = a pressão diferencial final no filtro

2. Converte dH_f de cm H_2O para mmHg, pela equação:

$$dH_{fHg} = \frac{dH_f}{1{,}36} \qquad \text{(Eq. 8.2)}$$

onde 1,36 á a densidade do mercúrio (13,6) dividida por 10.

3. Calcula a pressão de estagnação média, $\overline{P_o}$, em mm Hg:

$$\overline{P_o} = P_m - dH_{fHg} \qquad \text{(Eq. 8.3)}$$

onde $\overline{P_o}$ = pressão de estagnação (absoluta) média para o período de amostragem, mm Hg
P_m = pressão barométrica média para o período de amostragem, mm Hg.

AGV PTSCVV- AMOSTRAGEM

Planilha de Cálculo

Número:	**09/005**
Data:	**29/20/09**
Digitador:	**José**
Conferenciasta:	**Maria**

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVV N° **PTSC-0020** **CVVGV N°** **CVV-0240**

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Local: **Energética - Rio** N° Estação: **E1**

Período nominal de amostragem: **24** horas

Período de amostragem — Data-início: **29/10/09** Data-final: **30/10/09**

Hora-início: **23:59** Hora-final: **23:59**

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barom. Média (P_m ou P_s): **758** mmHg Temp.média (T_m ou T_s) **27** °C

Pressão barom. CONAMA (P_p): **760** mmHg **25** °C

DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR

Na forma de tabela de vazão? Sim **X** Não

Na forma de equação (da reta)? Sim Não **X**

Se na forma de reta, apresente dados: a_2 ---- b_2 = ---- r_2 = ----

Data da última calibração ou verificação: **20/10/09**

DADOS (LEITURAS) DO CAMPO

Pressão diferencial no filtro (cm H_2O):

Inicial (dH_{fi}):			Final (dH_{ff}):		
p/cima	p/baixo	total	p/cima	p/baixo	total
21,4	21,0	42,4	21,9	21,7	43,6

Leitura do horâmetro: Inicial: 53,73 Final: 77,73

Leitura média da carta gráfica (D): 5,5

DADOS DO FILTRO

N° do filtro: 09/0002 Peso inicial (g): 2,8231 Peso final (g): 2,8975

CÁLCULOS

Pressão diferencial média (dH_f), em cm H_2O [$(dH_f) = (dH_{fi} + dH_{ff})/2$]	=	**43,0**
Pressão direncial média (dH_{fHg}), em mmHg [$(dH_{fHg}) = (dH_f)/1,13$]	=	**31,6**
Pressão de estagnação ($\overline{P_o}$), em mmHg [$\overline{P_o}$ = $P_m - dH_{fHg}$]	=	**726,4**
Taxa de pressão média [$\overline{P_o / P_m}$]	=	**0,958**
Vazão média nas condições reais (Q_r), em m^3/min - obtida da tabela de vazão	=	**1,163**
Vazão média nas condições padrão (Q_p), em m^3/min, [$Q_r (P_m/P_p)(T_p/T_m)$]	=	**1,152**
Período de amostragem (t), em minutos	=	**1440**
Volume nas condições padrão (V_p), em m^3, [$V_p=(Q_p)(t)$]	=	**1.659,18**
Peso líquido do material particulado (MP), em g, [$M_l = M_f - M_i$]	=	**0,0744**
Concentração de material particulado no ar (C_{PTS}), em µg/m^3 [$C_{PTS}= (M_l)(10^6)/V_p$]	=	**44,84**

CONTROLE DA QUALIDADE

Q_r entre 1,05 e 1,21 m^3/min?	Sim	**X**	Não	
Amostrador calibrado (ou verificadoconforme programação?	Sim	**X**	Não	
Registrador de eventos acusou alguma anormalidade?	Sim		Não	**X**
Algum evento incomum durante a amostragem?	Sim		Não	**X**

Assinatura do digitador

Assinatura do conferencista

Figura 8.1a - Planilha de Cálculo (Excel) da Amostragem com o AGV PTSCVV (com exemplo para vazão obtida pela Tabela de Vazão)

AGV PTSCVV - AMOSTRAGEM

Planilha de Cálculo

Número:	09/005
Data:	29/20/09
Digitador:	José
Conferenciasta:	Maria

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVV N°	PTSC-0020	CVVGV N°	CVV-0240

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Local:	Energética - Rio			N° Estação:	E1
Período nominal de amostragem:	24	horas			
Período de amostragem	Data-início:	29/10/09		Data-final:	30/10/09
	Hora-início:	23:59		Hora-final:	23:59

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barom. Média (P_m ou P_s):	758	mmHg	Temp.média (T_m ou T_s)	27 °C
Pressão barom. CONAMA (P_p):	760	mmHg		25 °C

DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR

Na forma de tabela de vazão?	Sim		Não	X		
Na forma de equação (da reta)?	Sim	X	Não			
Se na forma de reta, apresente dados:	a_2	7,9262	b_2 =	0,4269	r_2 =	0,9939
Data da última calibração ou verificação:	20/10/09					

DADOS (LEITURAS) DO CAMPO

Pressão diferencial no filtro (cm H_2O):

Inicial (dH_{fi}):			Final (dH_{ff}):		
p/cima	p/baixo	total	p/cima	p/baixo	total
21,4	21,0	42,4	21,9	21,7	43,6

Leitura do horâmetro:	Inicial:	53,73	Final:	77,73
Leitura média da carta gráfica (D):	5,5			

DADOS DO FILTRO

N° do filtro:	09/0002	Peso inicial (g):	2,8231	Peso final (g):	2,8975

CÁLCULOS

Pressão diferencial média (dH_f), em cm H_2O [(dH_f) = (dH_{fi} + dH_{ff})/2]	=	43,0
Pressão direncial média (dH_{fHg}), em mmHg [(dH_{fHg})= (dH_f)/1,13]	=	31,6
Pressão de estagnação ($\overline{P_o}$), em mmHg [$\overline{P_o}$ = P_m - dH_{fHg}]	=	726,4
Taxa de pressão média ($\overline{P_o / P_m}$):	=	0,958
Vazão média nas condições reais (Q_r), em m^3/min - obtida da equação da reta	=	1,161
Vazão média nas condições padrão (Q_p), em m^3/min [Q_r (P_m/P_p)(T_p/T_m)]	=	1,150
Período de amostragem (t), em minutos	=	1440
Volume nas condições padrão (V_p), em m^3, [V_p=(Q_p)(t)]	=	1.656,61
Peso líquido do material particulado (MP), em g, [M_l = M_f - M_i]	=	0,0744
Concentração de material particulado no ar (C_{PTS}), em µg/m^3 [C_{PTS} = (M_l)(10^6)/V_p]	=	44,91

CONTROLE DA QUALIDADE

Q_r entre 1,05 e 1,21 m^3/min?	Sim	X	Não	
Amostrador calibrado (ou verificadoconforme programação?	Sim	X	Não	
Registrador de eventos acusou alguma anormalidade?	Sim		Não	X
Algum evento incomum durante a amostragem?	Sim		Não	X

Assinatura do digitador

Assinatura do conferencista

Figura 8.1b - Planilha de Cálculo (Excel) da Amostragem com o AGV PTSCVV (com exemplo para vazão obtida pela Equação da Reta)

4. Calcula a taxa de pressão de estagnação média ($\overline{P_o/P_m}$).

5. **Nota**: Aqui neste ponto dá-se a diferença principal entre a planilha da Figura 8.1a e a planilha da Figura 8.1b:

   a) Caso utilize a Tabela de Vazão (planilha da Fig. 8.1a):

   Usar a relação de calibração na forma de tabela, fornecida pela ENERGÉTICA ou obtida pelo usuário, para determinar $\overline{Q_r}$ em função da taxa de pressão de estagnação média ($\overline{P_o/P_m}$) e de T_m para o período de amostragem. Este valor de $\overline{Q_r}$ é a vazão volumétrica média para o período de amostragem.

   Por exemplo, na Tabela de Vazão da Fig. 4.4, a vazão $\overline{Q_r}$, para T_m igual a 27 °C e $\overline{P_o/P_m}$) igual a 0,958, é igual a 1,163 m^3/min.

   Anote o valor de $\overline{Q_r}$ lido na Tabela de Vazão na Fig. 8.1ª (célula verde).

   b) Caso utilize a Equação da Reta (planilha da Figura 8.1b);

   Neste caso, a própria planilha (Fig. 8.1b) calcula a vazão $\overline{Q_r}$, utilizando a Eq. 8.4 (mesma que a Eq. 4.9), ou seja,

$$\overline{Q}_r = \frac{1}{a_2}\left[\left(\frac{\overline{P_o}}{P_m} - b_2\right)\sqrt{T_m}\right] \qquad \text{(Eq. 8.4)}$$

   Por exemplo, para a_2 igual a 7,9262, b_2 igual a 0,4269, $\overline{P_o/P_m}$) igual a 0,958 e T_m igual a 27 °C, $\overline{Q_r}$, pela Eq. 8.4, é igual a 1,161 m^3/min

   No exemplo acima, os valores de a_2 e b_2 foram tirados da Planilha de Cálculo da Geração da Relação de Calibração (Fig. 4.3).

6. A planilha prossegue, corrigindo a vazão real média $\overline{Q_r}$ para as condições padrão da Resolução n° 3 do CONAMA, pela Eq. 8.5 (mesma que as Eqs. 2.3 e 4.2):

$$\overline{Q_p} = \overline{Q_r}\left(\frac{P_m}{P_o}\right)\left(\frac{T_p}{T_m}\right) \qquad \text{(Eq. 8.5)}$$

   onde: $\overline{Q_p}$ = vazão média do amostrador, corrigida para as unidades padrão para vazão volumétrica, m^3 padrão/min
   $\overline{Q_r}$ = vazão real média do amostrador para o período de amostragem, m^3/min
   P_p = pressão barométrica padrão, 760 mm Hg
   T_p = temperatura padrão, 298 K (°C + 273)

7. Pega a diferença entre as leituras final e inicial do horâmetro, em centésimo da hora, e converte-a para minutos.

8. Calcula o peso líquido do filtro:

$$M_l = M_f - M_i \qquad \text{(Eq. 8.6)}$$

onde: M_l = peso líquido do material particulado MP_{10} no filtro, g
M_f = peso final (bruto) do filtro, g
M_i = peso inicial (tara) do filtro, g

9. Calcula a concentração mássica de PTS em μg/m^3 padrão:

$$C_{PTS} = \left(10^6\right)\left(\frac{M_f - M_i}{V_p}\right) \qquad \text{(Eq. 8.7)}$$

onde C_{PTS}= concentração mássica de PTS, μg/m^3 padrão
10^6 = fator de conversão, μg/g

No exemplo das planilhas de cálculo, a concentração de PTS é de 44,84 μg/m^3, com a tabela de vazão, e 44,91 μg/m^3, usando-se a equação da reta (um pouquinho mais precisa).

8.3 Documentação dos Dados

A ENERGÉTICA recomenda que o usuário mantenha guardado, de forma organizada e controlada, pelo menos os seguintes documentos:

- Formulários de registro de dados e planilhas cálculo para a geração da relação de calibração;
- Formulários de registro de dados e planilhas cálculo para a verificação da relação de calibração;
- Formulários de registro de dados e planilhas cálculo para a amostragem;
- Tabela de vazão, caso trabalhe com ela;
- Folha de controle das pesagens
- Certificado de calibração do calibrador padrão de vazão (CPV);
- Cartas gráficas utilizadas nas amostragens e calibração;
- Filtros com coleta.

Para maiores informações sobre documentação e forma de relatório de apresentação de resultados, recomenda-se ao usuário consultar o órgão de controle ambiental de seu estado.

9.0 MANUTENÇÃO

Um programa regular de manutenção permite que uma rede de monitoramento opere por maiores períodos de tempo sem que ocorra falhas no sistema. Com o tempo, pode-se observar que são necessários ajustes nas freqüências de manutenção em função da demanda operacional dos amostradores. A ENERGÉTICA recomenda, contudo, que sejam observados certos intervalos para as atividades de limpeza e manutenção, até que se estabeleça um histórico operacional estável dos amostradores.

Esta seção apresenta procedimentos de manutenção específicos para o AGV PTSCVV.

9.1 Teto (Entrada) em Duas Águas

O teto deve ser inspecionado em cada período de amostragem, verificando-se principalmente se não há irregularidades no perímetro de entrada. Contacte a ENERGÉTICA caso observe amassaduras significativas.

9.2 Base do Amostrador

9.2.1 Porta-Filtro (Figura 9.1)

- Inspecione, a cada período de amostragem, a tela do filtro e a junta do porta-filtro. Remova quaisquer depósitos na tela do filtro e substitua as juntas, se necessário.

9.2.2 Motoaspirador (Figura 9.1)

Algumas considerações importantes, antes de entrar no procedimento de manutenção do motor:

- Tanto o comutador (coletor) quanto as escovas do motor sofrem, por centelhamento entre eles, um desgaste natural quando em uso. É imperativo, a fim de evitar não só riscos de dano ao motor como também perdas de amostragem, que o usuário os troque antes que se desgastem totalmente. Para isso, o usuário deve estabelecer uma programação de manutenção preventiva. Uma programação conservadora é o da troca das escovas e do comutador (coletor) a cada 300-400 horas e 900-1.200 horas, respectivamente.

- Pode-se tentar obter maior rendimento do motor e das escovas, mas, para isso, ter-se-á que acompanhar visualmente o desgaste dos mesmos, o que implica remover periodicamente o motor do porta-motor. Este processo é trabalhoso, mas traz o benefício de tornar o usuário familiarizado com o processo de desgaste do coletor e das escovas. Ele poderá, por exemplo, em cada inspeção, examinar o comprimento restante das escovas. **Nota**: A ENERGÉTICA recomenda trocar as escovas tão logo seu comprimento (do grafite) se reduza a menos de 3 milímetros.

- Outros fatores importantíssimos no prolongamento das vidas úteis do coletor e das escovas são a tensão (voltagem) em serviço do motor e os cuidados com o coletor e as escovas durante as trocas destas. Para a tensão, o ideal seria que os valores nominais (120 V ou 220 V, para os motores fornecidos pela ENERGÉTICA) não fossem ultrapassados durante a amostragem. Os cuidados que o usuário deverá ter por ocasião das trocas das escovas estão descritos nos procedimentos apresentados ainda nesta subseção.

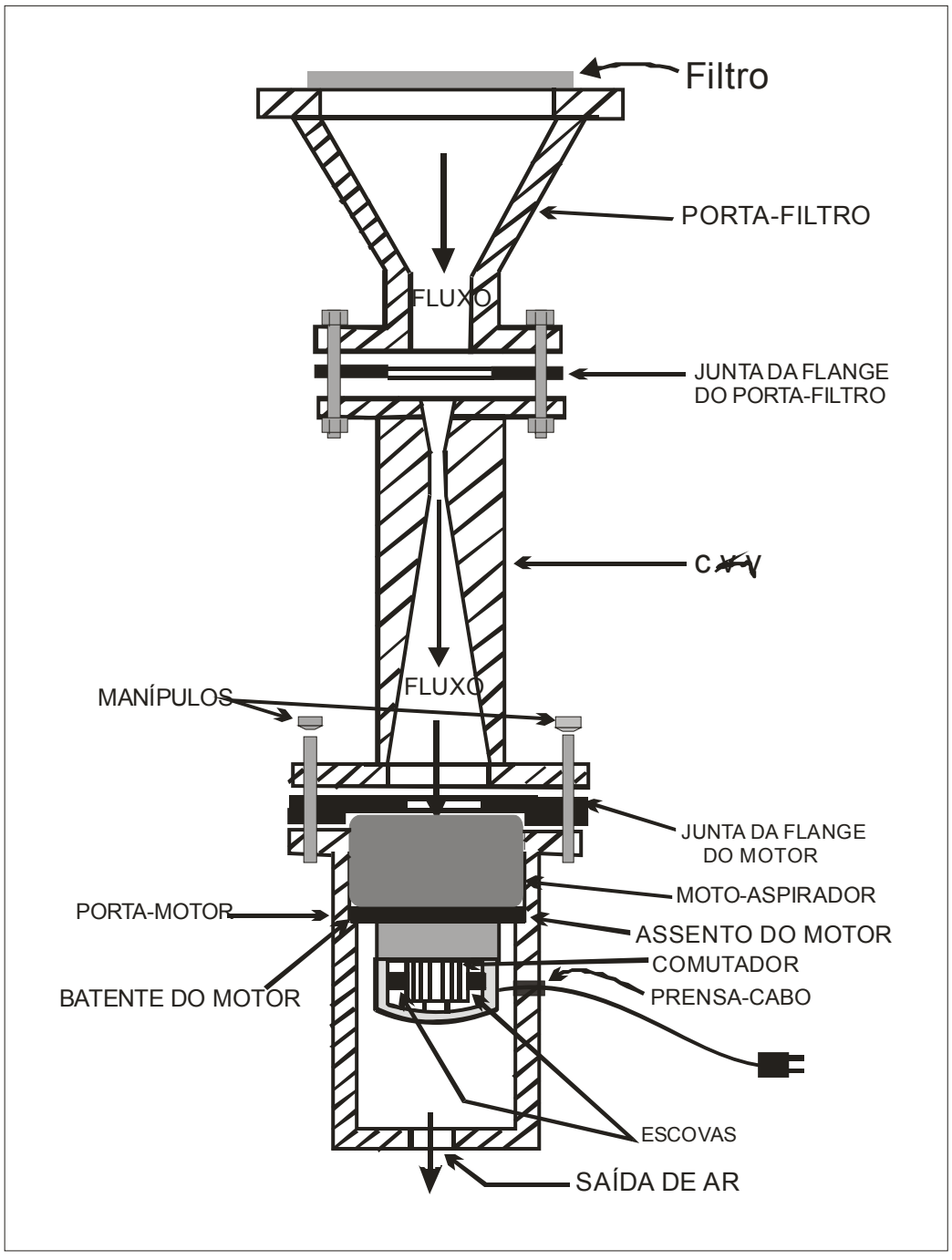


Figura 9.1 Conjunto Porta-Filtro/CVV/Motoaspirador

- Aconselha-se ao usuário a não tentar, após desgaste total do coletor, repará-lo ou trocá-lo. Dificilmente o coletor poderá ser reparado. Nem sua troca por um original é aconselhável, visto que o motor se desbalanceia com o uso, não permitindo mais obter-se bom rendimento do coletor e das escovas de reposição. Em suma, o motor deverá ser simplesmente descartado após desgaste total de seu coletor.

- Muitos usuários são impactados pelos desgastes usuais do motor e de suas escovas. Entretanto, este fato tem que ser encarado e recomendamos acostumar-se com a idéia de que o motor e as escovas de reposição, devido à regularidade com que se desgastam, comportam-se como material de “consumo” - e não como material de “reposição”-. De fato, caso o usuário faça um levantamento do custo de uma amostragem, deverá chegar à conclusão de que a participação do motor e das escovas no custo total é comparável ou mesmo menor do que a de filtros, cartas e penas.

- As escovas utilizadas no AGV PTS são de menor espessura (cerca de 6 mm) do que a das escovas do AGV PTSCVV (cerca de 8 mm), e não devem, em hipótese alguma, ser usadas no AGV PTSCVV. A solicitação de corrente elétrica no AGV PTSCVV é de cerca de 30 % maior do que no AGV PTS. Portanto, as escovas de menor espessura, se instaladas no AGV PTSCVV, além de proporcionar risco de danos no motor, terão vida útil extremamente breve.

- Após as considerações acima, o usuário poderá então proceder com a manutenção do motor:

    1. Desconecte o plugue do motor de sua tomada e solte o porta-motor, afrouxando os quatro manípulos de alumínio, certificando-se de que a junta do topo do motor não caia e se perca. Em seguida, afrouxe o prensa-cabo, soltando o cabo elétrico, e retire o motor de dentro do porta-motor. Se for necessário levar o motor para uma bancada, tem-se, antes de tirar o motor do porta-motor, de desconectar o plugue do cabo elétrico, a fim de que o cabo passe todo pelo furo.

    2. Aproveite para verificar se o assento do motor está gasto. Caso sim, substitua-o.

    3. Apoiando o motor na bancada, desparafuse, com uma chave phillips, as abraçadeiras das escovas e solte-as. Cheque o comprimento das escovas (do grafite). Caso já estejam totalmente gastas (menos que 3 mm), troque-as por novas. Nota: Sempre troque ambas. Reponha as abraçadeiras.

    4 Cheque também o coletor. Caso não esteja completamente gasto ou não seja ainda a hora de trocar o motor (segundo programação preventiva), limpe-o. Para isso, utilize um estilete para, cuidadosamente, remover limalha ou outras impurezas incrustadas nas fendas do coletor e passe uma lixa d’água fina para limpar a superfície do coletor. Se for o caso, troque o motor por um outro completamente novo.

    5. Caso as escovas tenham sido trocadas, amacie-as, antes de colocar o motor de volta no porta-motor. O amaciamento tem como objetivo obter máximo desempenho (vida útil) do motor e das escovas. O amaciamento reduz significativamente o centelhamento, e consequentemente o desgaste adicional das escovas, que ocorreria nos primeiros momentos de operação caso as escovas não fossem amaciadas. O procedimento de amaciamento consiste em operar o motor com voltagem reduzida a 50 % por pelo menos 30 minutos. Isto pode ser feito no próprio amostrador, utilizando o variador de potência (Varivol) do mesmo.

Atenção: A aplicação da voltagem plena no motor, logo após a troca de escovas, causará centelhamento acentuado, danos no comutador e, conseqüentemente, redução da vida útil.

6. Coloque o motor de volta no porta-motor, assegurando-se de que o assento do motor (em boas condições) esteja devidamente assentado no interior do porta-motor. Ajuste o cabo elétrico pelo furo lateral do porta-motor e então aperte o prensa-cabo. Se necessário, reponha o plugue no cabo elétrico.

7. Certificando-se que a junta do topo do motor (em boas condições) esteja sobre o motor, acople o porta-motor, com o motor, ao CVV. Os quatro parafusos prisioneiros do porta-motor devem ficar devidamente enfiados nos respectivos furos da flange do CVV. Aperte então os manípulos de aperto uniformemente, de modo que o motor fique alojado, sem vazamentos, contra sua junta. Certifique-se que cada parafuso esteja com sua arruela correspondente e que os manípulos não vão afrouxar com a vibração do amostrador. Encaixe o plugue elétrico do motor na sua tomada correspondente.

9.2.3 Controlador Volumétrico de Vazão (CVV)

1. Levante a cabeça de separação do amostrador e abra a porta da casinhola.

2. Remova o porta-motor de sua posição embaixo do CVV. Veja o procedimento de remoção do porta-motor na subseção anterior (9.2.2).

3. Remova o CVV do porta-filtro, afrouxando os quatro parafusos.

4. Com o CVV completamente solto, veja se não há sujeira ou partículas grandes no interior do venturi. Caso haja, remova a sujeira, usando, para isso, uma escova para limpeza de mamadeira (com cerdas de náilon), facilmente encontrada no mercado. Tendo o máximo de cuidado, limpe o interior do CVV acessando tanto pela extremidade anterior quanto a posterior. Após o esfregamento com a escova, lave o interior do venturi com água e sabão de coco. Evite causar qualquer dano, particularmente na passagem de estrangulamento.

5 Já que o porta-filtro está separado do CVV, aproveite para inspecionar a junta das flanges. Caso a junta esteja danificada, troque-a. Recomenda-se trocar as juntas das flanges pelo menos uma vez por ano, independente da existência ou não de sujeira no CVV.

6. Após a limpeza e/ou troca de juntas, acople o CVV de volta ao porta-filtro. Reponha o porta-motor e ligue o motor na tomada.

9.2.4 Painel de Controle (Figura 9.4)

No painel, encontram-se instalados, de cima para baixo, o horâmetro, o timer, a chave liga-desliga, o sinaleiro e o porta-fusível. Caso ocorra defeito em algum desses componentes, o usuário deverá remover o painel do interior da casinhola, afrouxando-se seus dois parafusos de fixação. Com o painel removido, o usuário terá uma boa visão do circuito elétrico por trás. Ver Fig. 9.2. Detalhes técnicos do timer e do horâmetro podem ser vistos nos Apêndices A e B, respectivamente.

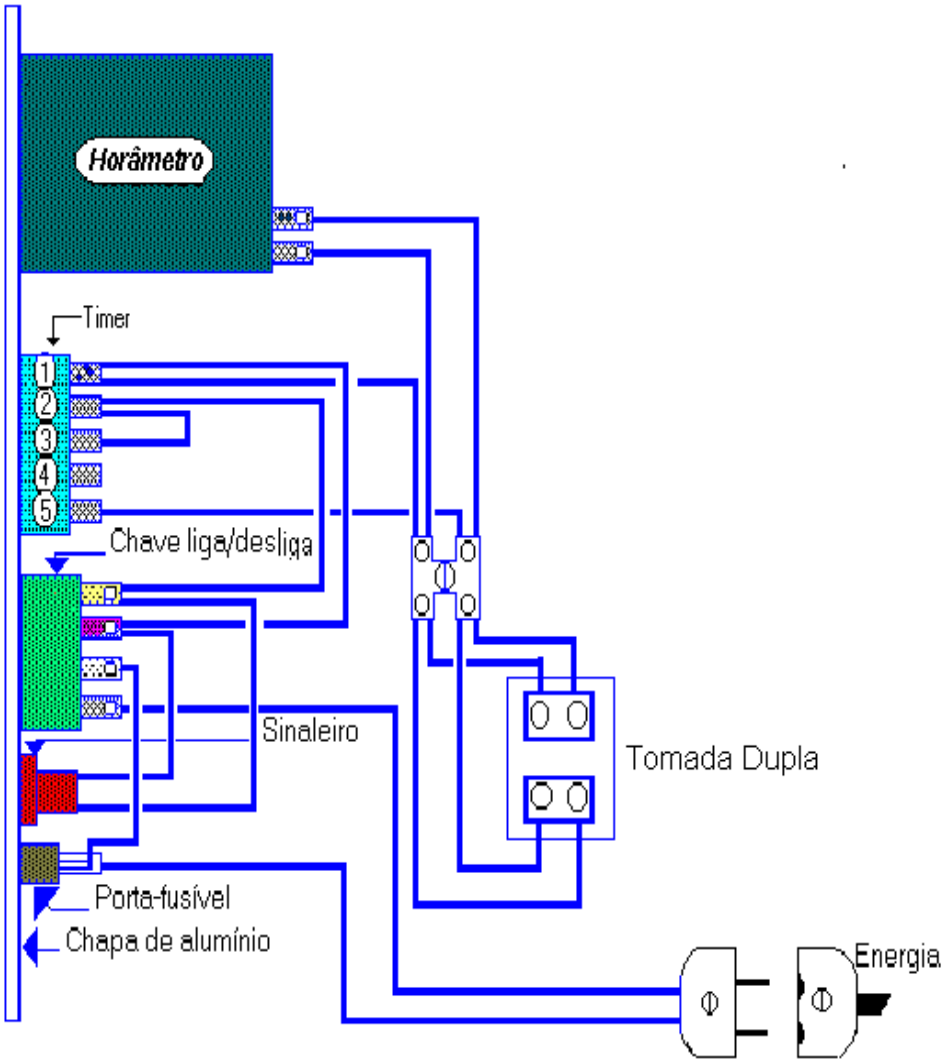


Figura 9.2 Circuito Elétrico do Painel de Controle

9.2.5 Registrador Contínuo

Certifique-se, quando for fazer amostragem, que a pena do registrador está deixando traço na carta. Verifique se o motor de giro está funcionando e se não há quebras e dobras na mangueira do registrador. Verifique a porta do registrador e veja se está vedando bem; caso não esteja, mande trocar a junta. Maiores detalhes técnicos do registrador podem ser vistos no Apêndice C.

9.2.6 Manômetro

Periodicamente, inspecione a mangueira de conexão do manômetro com o adaptador de pressão de estagnação e veja se não há quebras e dobras. Verifique o fluido e veja se não há necessidade de completá-lo. Nota: Utilize água destilada e, se possível, deionizada, com um corante para dar contraste na leitura. Certifique-se que o fluido mantém-se com densidade 1,0.

Com as torneiras do manômetro abertas, ligue o amostrador momentaneamente, verificando se o fluido se movimenta livremente. Em seguida, feche uma das torneiras e ligue novamente o amostrador. Verifique então se os níveis do fluido se mantêm estáveis sob o vácuo. Caso não se mantenham, procure os pontos de vazamento e elimine-os.

9.2.7 Ventilador

Verifique se o ventilador da casinhola está funcionando. Caso não esteja, mande-o para conserto ou troque-o. Evite operar o amostrador sem que o ventilador esteja funcional.

9.2.8 Cabos Elétricos e Conexões

Deve-se, a cada amostragem, verificar se não há quebras e dobras nos cabos elétricos e se não há conexões expostas. Não deixe que os cabos e tomadas fiquem imersos n'água. Se necessário, levante os cabos acima do solo e prenda-os, com fita, nas pernas da casinhola.

9.3 Peças de Reposição

Ver relação de peças de reposição e de material de consumo na Tabela 9.2

Tabela 9.2 Peças de Reposição

Porta-filtro/Motor/CVV:	referência
Porta-filtro/CVV/motor completo	PFMC-300
Controlador de vazão volumétrica para grande volume, para vazão de 1,13 m^3/min	CVVGV
Porta-filtro, afunilado, com telas, parafusos de inox e espigão	PFMC-301
Porta-motor, cilíndrico, com parafusos de inox e prensa-cabo	PFM-307
Manípulos de aperto (alumínio) (8 por conjunto)	PFM-307
Moldura de aperto, de alumínio anodizado, com junta de borracha	PFM-309
Junta da moldura de aperto	PFM-310
Assento do motor (alumínio e borracha)	PFM-312
Junta da flange do porta-filtro (borracha)	PMFC-319
Junta da flange do porta-motor (borracha)	PMFC-320
Espigão da tomada de pressão (latão)	PFMC-323
Mangueira de tomada de pressão	PFMC-327

Motoaspirador:	Referência
Motor 110 V	LAMB923
Escova	ESCO923

Painel de controle:	Referência
Painel de controle (completo)	PNLTG1 (110 V) ou PNLTG2 (220 V)
Horâmetro	PNT-3011 (110 V) ou PNT-3012 (220 V)
Timer programável 7 dias, digital	PNT-2011 (110 V) ou PNT-2012 (220 V)
Chave liga-desliga	PNT-202
Porta-fusível	PNT-204
Sinaleiro (led)	PNT-2031 (110 V) ou PNT-2032 (220 V)

Registrador contínuo de eventos	Referência
Registrador completo	RP4QI1 (110 V) ou RP4QI2 (220 V)
Carta gráfica (caixa c/ 100)	DIN20E
Pena (caixa c/ 6)	PEN0011 (preta) ou PEN0012 (vermelha)
Mangueira do registrador	RP4-231

Manômetro:	Referência
Manômetro de coluna d'água, com 800 mm	MAN80CM

Calibrador padrão de vazão:	Referência
Kit de calibração completo (com CPV, placa adaptadora, 5 placas de esistência, mangueira, manômetro de 400 mm e estojo)	CPVGV
Manômetro de coluna d'água, com 400 mm	MAN40CM
Líquido para manômetro (frasco com 50 ml)	MNU-117

10.0 REFERÊNCIAS

1. ABNT. Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume. NBR 9547, Set., 1997.

2. U.S. EPA. Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurements Systems, Volume II, Ambient Air Specific Methods. Section 2.2: Reference Method for the Determination of Suspended Particulates in the Atmosphere (High-Volume Method). U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina 27711, EPA-600/4-77-027a, Jan. 1983.

3. ABNT. Material Particulado em Suspensão na Atmosfera - Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pelo Método do Amostrador de Grande Volume Acoplado a um Separador Inercial de Partículas. NBR 13412, Jun., 1995

4. U.S. EPA. Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM_{10} in the Atmosphere. CFR 40, Chapter I, Part 50, Appendix J, 7-1-88 Edition.

5. U.S. EPA. Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurements Systems, Volume II, Ambient Air Specific Methods. Section 2.11: Reference Method for the Determination of Particulate Matter as PM_{10} in the Atmosphere. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina 27711.

6. Thermo Andersen. Operator Manual - PM_{10} High Volume Air Sampler. Thermo Andersen, 500 Technology Court, Smyrna, GA, USA.

7. U.S. EPA. Probe Siting Criteria for Ambient Air Quality Monitoring. CFR 40, Chapter I, Part 58, Appendix E. U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina 27711.

8. Methods of Air Sampling and Analysis. Third Edition. James P. Lodge, Jr. (Editor), Inter-society Committee, Lewis Publishers, Inc., 1989.

APÊNDICE A

PROGRAMADOR DE TEMPO (TIMER DIGITAL)

1.0 INTRODUÇÃO

O timer digital serve para ligar e desligar automaticamente o amostrador. É de alta precisão. Com ele pode-se programar o liga-desliga do amostrador em qualquer dia, hora e minuto da semana. O aparelho compreende basicamente um CLOCK (relógio) e um TIMER (programador de tempo). A idéia é primeiramente acertar o dia da semana, a hora e o minuto no CLOCK e depois programar o TIMER conforme o desejado.

2.0 DESCRIÇÃO

O timer permite oito programações (com 14 combinações cada), através de cinco teclas frontais, diariamente ou por grupos de dias (segunda a sexta, sábado e domingo e segunda a domingo). Uma bateria no instrumento provê uma reserva de energia de pelo menos um ano. O timer digital tem um canal de saída e permite RESET (retorno ao estado zero). O timer tem formato redondo, com cerca de 62 mm de diâmetro. No painel há sete teclas, um display em cristal líquido (LCD) e um sinaleiro LED. As teclas são identificadas no painel por símbolos ou pelos termos:

- RESET (zeramento da memória)
- ON (liga)
- AUTO (automático)
- OFF (desliga)
- CLOCK (relógio)
- TIMER (programação)
- DAY (dia)
- HOUR (hora)
- MIN (minuto)
- MANUAL (acionamento manual do relé de saída)

Nos display pode-se ler dados do CLOCK (dia da semana, hora, minuto e segundo) e dados do TIMER (dia da semana, hora e minuto).

3.0 DADOS TÉCNICOS

Alimentação.....120/240 V Corrente.....10/15 A Freqüência.....50/60 Hz Capacidade.....Até 2.500 VA Consumo.....10 W Núm. de programações.....Até 8 Intervalo mín. entre programações..1 min.		Bateria CR2032 (descartável).....220 mA/h Duração (teórica) bateria.....5 anos Faixa de temp. em operação.....0 - 60 °C Display.....LCD Sinaleiro.....LED Peso.....0,15 g

4.0 INSTALAÇÃO

O timer digital é instalado no painel do amostrador. O esquema de ligação é apresentado na traseira do instrumento.

5.0 RESET

O reset do timer, ou seja, o retorno ao estado zero tanto do CLOCK quanto do TIMER, é realizado pressionando-se a tecla RESET. Como a tecla é pequena, de borracha e rebaixada, recomenda-se usar um objeto fino, porém não muito pontudo, para acioná-la. Na realidade, necessita-se mesmo acionar o RESET apenas em um caso:

- Quando se quer esvaziar o CLOCK e as programações do TIMER. Caso se queira apenas corrigir os dados do CLOCK ou de um determinado programa do TIMER, o RESET torna-se desnecessário. Basta apenas partir do que estiver programado no clock e no timer.

6.0 LIGA, DESLIGA E AUTOMÁTICO

O timer permite três modos de operação para uma carga programável:

- Ligado (ON)
- Desligado (OFF)
- Acionamento automático (AUTO)

Seleciona-se um desses modos com a tecla MANUAL. Ao se acionar a tecla MANUAL, um indicador logo acima da tecla, na forma de um tracinho horizontal, pula da direita para a esquerda, ou vice-versa, posicionando-se, da esquerda para a direita, no ON (liga), AUTO (automático) e OFF (desliga). Na posição AUTO, com o tracinho logo acima da palavra AUTO, o timer ligará e desligará conforme programação pré-estabelecida. A programação do timer deve ser sempre realizada com o instrumento na posição OFF (desligado).

Finalmente, recomenda-se, ao colocar-se o timer no AUTO, sempre trazer o tracinho da posição OFF para a posição AUTO. Nunca, portanto, da posição ON para a AUTO, a não ser que se queira deixar o amostrador já ligado; neste caso, apenas o OFF fica programado.

7.0 PROGRAMAÇÃO

7.1 Para Acertar o Clock (Relógio)

Dia da semana

- Mantendo a tecla CLOCK pressionada, acione a tecla DAY. O dia da semana (MO, TU, WE, TH, FR, SA ou SU) aparecerá no display em letras bem pequenas sobre os dígitos e mudará para o próximo cada vez que se acionar a tecla DAY.

- Caso segure as teclas CLOCK e DAY, simultaneamente, por mais de três segundos, o dia da semana saltará para o próximo mais rapidamente.

- Solte ambas as teclas quando o dia desejado estiver indicado no display.

Notar que os dias da semana estão em inglês: MO (segunda), TU (terça), WE (quarta), TH (quinta), FR (sexta), SA (sábado) e SU (domingo).

Hora

- Mantendo a tecla CLOCK pressionada, acione a tecla HOUR. A hora do dia (0 a 23) mudará para a próxima cada vez que se acionar a tecla HOUR.

- Caso segure as teclas CLOCK e HOUR, simultaneamente, por mais de 3 segundos, a hora do dia saltará mais rapidamente.

- Solte ambas as teclas quando a hora desejada estiver indicada no display.

Minuto

- Mantendo a tecla CLOCK pressionada, acione a tecla MIN. O minuto da hora (0 a 59) mudará para o próximo cada vez que se acionar MIN.

- Caso segure as teclas CLOCK e MIN, simultaneamente, por mais de 3 segundos, o minuto saltará mais rapidamente.

- Solte as teclas quando o minuto desejado estiver indicado no display.

Nota: Ao se acertar o dia da semana e o horário, os segundos reiniciarão do zero automaticamente.

Com o clock acertado, passa-se à programação do timer.

7.2 Para Programar o Timer

- Aperte e solte a tecla TIMER para entrar na programação do timer. Aparece então o número “1” à esquerda, no display, com ON logo acima em letras bem pequenas. Isto indica que se pode programar o instante do início da energização da carga programável no programa 1. Lembrar que o aparelho permite 8 programações.

- Acione a tecla DAY para selecionar o dia da semana (MO, TU, etc.)

- Há 14 combinações que se pode escolher para os dias da semana em cada um dos 8 programas:

- MO (segunda)	- SA + SU
- TU (terça)	- MO + WE + FR
- WE (quarta)	- TU + TH + SA
- TH (quinta)	- MO + TU + WE
- FR (sexta)	- TH + FR + SA
- SA (sábado)	- MO + TU + WE + TH + FR + SA
- SU (domingo)	- MO + TU + WE + TH + FR + SA + SU

Para escolher qualquer das programações da lista acima o operador deverá acionar a tecla DAY sucessivamente até aparecer o grupo de dias desejado. A seqüência se dá conforme acima.

Nota: A última combinação, por exemplo, significa que a operação liga-desliga se repete uniformemente em todos os dias da semana. A oitava combinação significa que a operação liga-desliga será feita somente nos sábados e domingos.

- Acione a tecla HOUR para escolher a hora.

- Acione a tecla MIN para escolher o minuto.

- Após acertar o dia da semana, a hora e o minuto para ON (liga) no programa 1, aperte e solte a tecla TIMER para programar o OFF (desliga) ainda no programa 1.

Aparece então o OFF em cima do número “1”, novamente em letras pequenas.

- Repita os passos 2, 3 e 4 acima para programar o dia, a hora e o número do OFF (desliga).

- Após programar os instantes de ON (liga) e OFF (desliga) no programa 1, repita, se for necessário, os passos 1 a 6 para os programas 2 a 6.

- Acione a tecla MANUAL e mova o tracinho (que deve estar na posição OFF) para a posição AUTO.

Nota: Quando for programar para início imediato, sugere-se programar o início (ON) do timer para 3 minutos mais tarde, tempo suficiente para se fazer toda a programação. E é só esperar um pouquinho, que o usuário verá seu amostrador ligar, iniciando o funcionamento programado.

8.0 BATERIA

A programação realizada no timer é guardada em memória protegida por bateria. Utilizar bateria CR-2032. Quando esta estiver com sua carga reduzida, um mensagem aparece no visor, indicando que a bateria deve ser substituída. Teoricamente, a bateria dura 5 anos. Entretanto, a ENERGÉTICA recomenda trocá-la a cada ano.

O acesso à bateria é feito por trás do timer.

APÊNDICE B

HORÂMETRO

1.0 INTRODUÇÃO

O horâmetro instalado no amostrador serve para medir, com precisão, o tempo de amostragem. É também útil na determinação do tempo acumulado do uso do motor e de suas escovas, facilitando a realização de um programa de manutenção preventiva.

2.0 DESCRIÇÃO

O horâmetro é eletromecânico, sendo acionado por um micromotor síncrono de elevada precisão. Quando acionado, o micromotor movimenta o conjunto de dígitos legíveis, indicando o tempo de funcionamento do sistema. A contagem é progressiva e cumulativa, isto é, não retorna ao zero (não resseta).

O modelo instalado vem com 7 dígitos, com indicação de 1/100 da hora. **Atenção**: Tem-se que converter de centésimo (1/100 da hora) para minuto (1/60 da hora).

O instrumento, em caixa própria de 48 x 48 mm, é instalado no painel de comando do amostrador, logo acima do timer.

3.0 DADOS TÉCNICOS

Escala		Decimal (%)
Alimentação		110 ou 220 Vca
Freqüência		60 Hz
Consumo		2,0 VA
Temp. ambiente		0 a 60 °C
Exatidão da leitura		0,001 %
Leitura máxima		99999,99 Hora

4.0 INSTALAÇÃO

O horâmetro é instalado no painel de controle do amostrador. Ver circuito de instalação na seção sobre manutenção.

5.0 OPERAÇÃO

O horâmetro é ligado em paralelo ao motoaspirador. Portanto, seu acionamento é concomitante com o do motor.

6.0 CALIBRAÇÃO

Conforme a NBR 13412 (Ref. 2), o horâmetro não deve apresentar erro de leitura superior a ± 15 min. num período de 24 horas. A EPA é mais rígida, pois exige que o desvio máximo do horâmetro seja ± 2 min. em 24 horas (ver Ref. 3). Acima disso, ele deve ser reparado ou substituído. A EPA (Ref. 3) recomenda que o horâmetro seja checado a cada 6 meses contra um cronômetro padrão de comprovada exatidão, seja no local de amostragem, seja no laboratório.

APÊNDICE C

REGISTRADOR CONTÍNUO

MANUAL TÉCNICO

1.0 INTRODUÇÃO

O registrador utilizado no amostrador serve para verificar, continuamente, se não houve irregularidades no desempenho do CVV durante o período de amostragem.

O instrumento funciona da seguinte maneira: por meio de uma mangueira, que une o porta-filtro ao registrador, a pressão negativa embaixo do filtro é transmitida a um fole selado dentro do registrador. O fole, por sua vez, ao se contrair, causa a deflexão de uma pena sobre uma carta gráfica, deixando nesta um traçado durante o tempo de amostragem.

O registrador conta com um motor AC sincrônico que faz girar a carta uma volta em 24 horas.

2.0 DADOS TÉCNICOS (MODELO RP4QI)

ALIMENTAÇÃO	120 ou 240 V/60 Hz
CONSUMO	3,7 W (p/120 V)
GIRO	1 ROTAÇÃO/24 HORAS
FAIXA DE PRESSÃO	0-400 mm H_2O
INSTALAÇÃO (TIPO)	PAINEL
DIMENSÕES DO GABINETE	185 X 170 X 117 mm
PESO	1,0 Kg

3.0 COMPONENTES

O registrador conta com os seguintes componentes:

1. Porta
2. Junta da porta
3. Visor de vidro
4. Junta do visor
5. Fecho
6. Dobradiça
7. Painel
8. Carta
9. Eixo movimentador da carta
10. Parafuso de ajuste do zero
11. Parafuso de aperto do ajuste
12. Guia da carta
13. Clip de referência do tempo
14. Haste da pena
15. Pena descartável
16. Pivô da haste da pena
17. Alavanca levantadora da pena
18. Parafuso de montagem
19. Caixa externa
20. Parafuso de aperto haste pena
21. Parafuso do terra
22. Adaptador da mangueira

Ver localização dos componentes na Figura C.1.

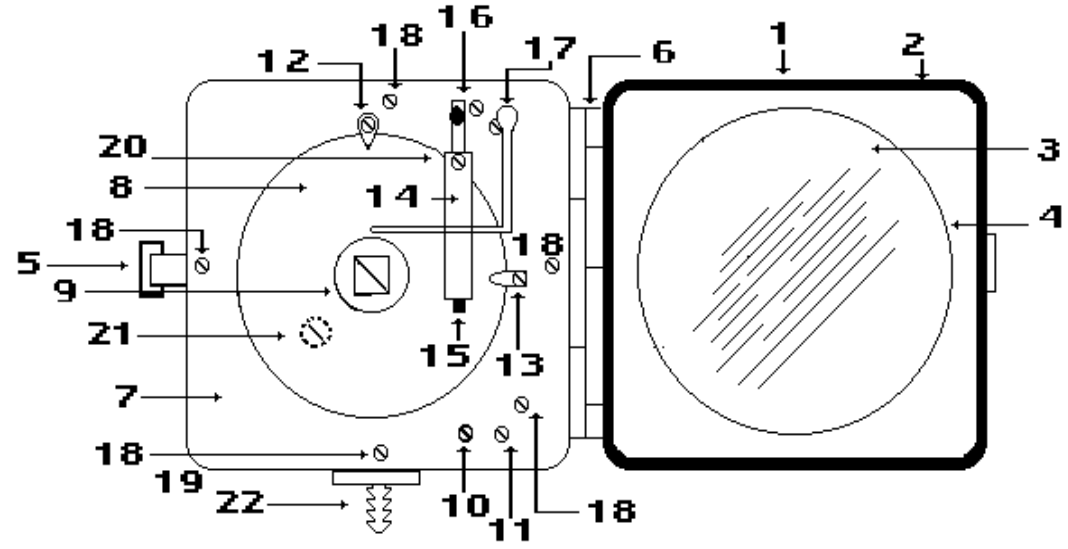


Figura C.1 Localização dos Componentes no Painel e Porta do Registrador

4.0 INSTALAÇÃO

O registrador é fixado, através de 4 parafusos, na porta do amostrador. A mangueira de tomada de pressão que vem do porta-filtro é encaixada no adaptador (espigão) localizado na face inferior do registrador. A energização do registrador se dá através de seu cabo flexível, cujo plugue é inserido na tomada inferior localizada na lateral do painel de controle. O funcionamento do registrador é comandado pelo timer, concomitantemente com o do motoaspirador e do horâmetro.

5.0 PENA

O registrador vem equipado com uma pena que não precisa ser carregada com tinta; é portanto descartável. A pena consiste em uma ponta fibrosa e porosa e uma carga de tinta. O conjunto pode ser trocado com facilidade. Quando acabar a tinta, simplesmente substitua a pena por outra nova.

5.1 Para que a Pena Comece a Escrever

- Levante a pena acionando a alavanca levantadora;
- Retire a tampa protetora da pena;
- Coloque um pedaço pequeno de papel embaixo da ponta da pena;
- Movimente o papel em contato com a ponta e veja se a pena deixa traço (se for preciso, molhe um pouquinho a ponta);
- Caso a pena não deixe traço, troque-a.

5.2 Para Trocar a Pena

- Levante a pena acionando a alavanca levantadora;
- Cuidado para não dobrar demais a haste da pena, pois pode deformá-la;
- Pegue a pena, próximo à ponta, com o polegar e o indicador, e solte a pequena cinta que abraça a extremidade da haste;
- Jogue fora a pena usada;
- Pegue uma nova pena, coloque-a na extremidade da haste, certificando-se de que a meia-lua desta encosta no corpo cilíndrico da ponta porosa da pena;

- Aperte a cinta da nova pena em volta da extremidade da haste:
- Feito isto, verifique se a pena está traçando bem na carta;
- É importante certificar-se de que a pressão da pena na carta é adequada. Caso seja demasiada, a pena se move com atrito demais e, portanto, não responde prontamente às variações na tomada de pressão do registrador. Por outro lado, caso seja leve demais, a pena pode se comportar como "louca" ou mesmo não deixar traçado nenhum;
- Caso a pressão seja demasiada ou leve demais, corrige-se isto removendo-se a haste da pena e dobrando-a para o lado pertinente até que ela comece a permanecer dobrada (ao atingir sua zona plástica). Caso não consiga da primeira vez, tente novamente, até conseguir uma pressão adequada.

6.0 TROCA DE CARTAS

O instrumento só permite o uso de cartas circulares, de papel com firmeza apropriada e com rasgos especiais para fácil instalação. A carta é forçada a girar pela ferragem especial situada no eixo de movimentação. Para instalar uma carta nova:

- Levante a pena usando a alavanca levantadora.
- Deslize a carta por baixo da pena e, uma vez centrada, gire-a até que o furo central se encaixe na ferragem no eixo.
- Deslize as bordas da carta por baixo da guia e do clip indicador de tempo.
- Empurre a carta toda contra a base.
- Com uma chave de fenda, gire o conjunto até acertar o tempo apropriadamente, alinhando o indicador na carta com o clip indicador de tempo.
- Certifique-se de que nada possa impedir o livre giro da carta.

7.0 AJUSTE DO ZERO

Posiciona-se a pena no zero da carta movimentando-se o parafuso especial, com indicação AJUSTE ZERO, localizado a "sudeste" do painel. A pena então se movimenta para a esquerda ou para direita, conforme o sentido de giro do parafuso. Antes de movimentar o parafuso AJUSTE ZERO, afrouxe o parafuso APERTO AJUSTE. Após obter o zero, reaperte o parafuso APERTO AJUSTE. Recomenda-se sempre manter o parafuso APERTO AJUSTE apertado. Toda essa operação do ajuste deve ser feita lentamente e com cuidado. Devido ao atrito com a carta, a pena pode sofrer resistência para vencer os últimos milímetro até chegar à sua posição de equilíbrio. Isto pode dificultar um pouco o ajuste da pena no zero. Deste modo, recomenda-se dar umas tapinhas no registrador a fim de que a pena chegue rapidamente à sua posição de equilíbrio.

8.0 MANUTENÇÃO

8.1 Inspeção de Recebimento

Ao receber seu amostrador, realize uma inspeção para conferir se o registrador não sofreu quebra e/ou maltrato no transporte. Verifique se o vidro não foi quebrado ou se a caixa externa não foi danificada. Um teste simples para verificar rapidamente se o registrador está funcionando consiste em primeiro lugar abrir a porta frontal e baixar a alavanca levantadora da pena e depois soprar suavemente na mangueira de tomada de pressão e verificar se a pena se movimenta em função da pressão exercida.

8.2 Instruções Gerais

O registrador foi projetado especificamente para o presente uso, sendo um aparelho confiável e que requer pouca manutenção. Obviamente, deixá-lo cair ou deixá-lo exposto a excessos de vibração, calor ou voltagem não é recomendável e pode causar-lhe sérios danos. O registrador que sofrer danos deve ser enviado de volta à **ENERGÉTICA** para conserto, ajuste e recalibração.

8.3 Troca de Peças

Existem algumas peças que podem ser trocadas no local de uso, como, por exemplo, a porta com o visor e junta, haste da pena, a alavanca levantadora da pena etc. Em caso de dúvida, solicitamos entrar em contato com a **ENERGÉTICA** para maiores informações. Recomendamos, porém, enviar o registrador completo para troca de peças e recalibração

8.4 Lubrificação

Não há necessidade de lubrificação.

APÊNDICE D

CALIBRAÇÃO DO PROGRAMADOR DE TEMPO (TIMER)

Apresenta-se, neste anexo, o procedimento recomendado pela US EPA para a calibração do timer:

1. Monte o sistema segundo o esquema da Figura D.1.
2. Ligue o timer numa tomada elétrica.
3. Acerte o relógio do timer para a hora correta.
4. Programe o timer para um período de 24 horas.
5. Ligue uma lâmpada de teste numa das saídas do timer e o horâmetro numa outra.
6. Verifique o sistema, operando, manualmente, a chave liga-desliga.
7. Deixe o sistema funcionar pelo período de 24 horas e determine o período decorrido com o horâmetro. Caso o período medido esteja dentro de 24 h $\pm$ 15 minutos, o timer é aceito para uso no campo; caso contrário, veja o que há de errado. Caso não consiga eliminar o problema, rejeite o timer.

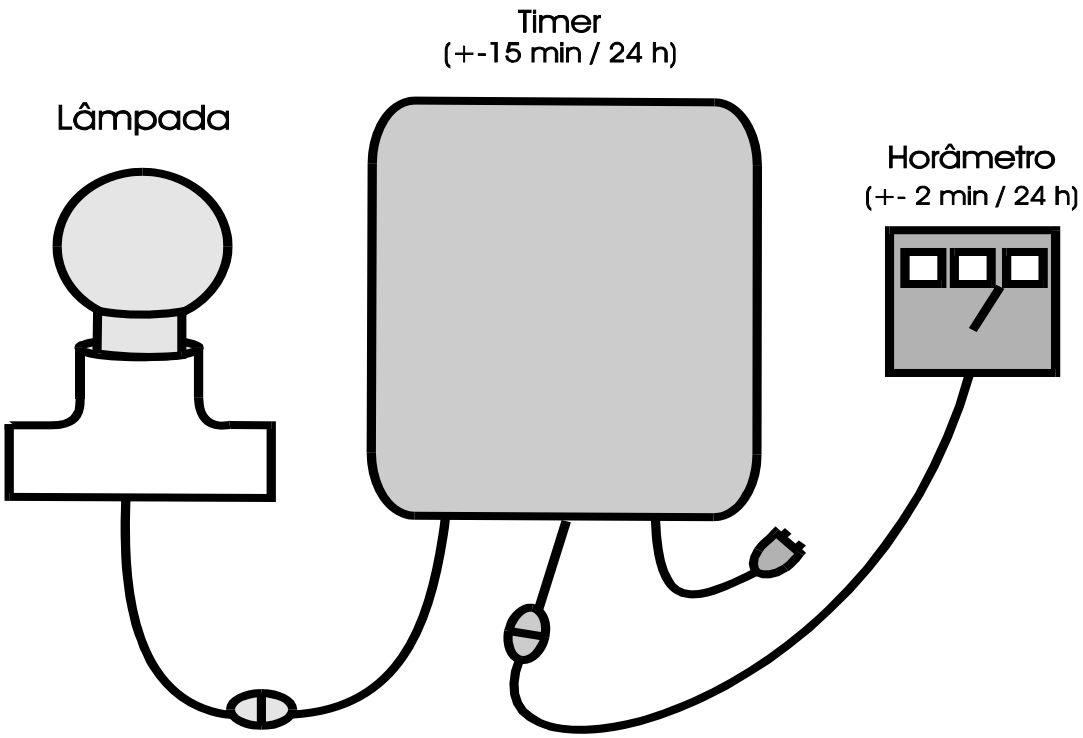


Figura D.1 Esquema de Calibração do Timer

APÊNDICE E

CALIBRAÇÃO DO CPV

1.0 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A certificação do CPV consiste em levantar, seja em condições reais de temperatura e pressão, seja corrigidas para condições padrão (25 °C e 760 mm Hg), uma relação (geralmente uma reta) entre vazão (Q_a ou Q_p) e perda de carga (dH_c) através do orifício do CPV. Faz-se a calibração do CPV com um padrão secundário, do tipo Roots, chamado de Medidor Padrão de Volume (MPV).

O certificado do CPV pode, para uma mesma calibração, ser apresentado de três maneiras diferentes:

1. **Com a relação de calibração dada para a vazão em condições reais de temperatura e pressão** - para a calibração do AGV MP_{10}, do $MP_{2,5}$ e do PTSCVV. Ver exemplo na Figura E.1.

2. **Com a relação de calibração dada para a vazão em condições padrão de temperatura e pressão** - para a calibração do AGV PTS tradicional. Ver exemplo deste certificado na Figura E.2. Pelo fato de o AGV PTS tradicional ser o AGV mais em voga no país, quase a totalidade dos CPVs em uso no país tem seus certificados para vazão em condições padrão.

3. **Com a relação de calibração dada para a vazão em ambas as condições de temperatura e pressão, podendo**, assim, ser usado para a calibração de todos os AGVs. Ver exemplo deste certificado completo nas Figura E.3 e Figura E5.

Nota: Nas Figuras E.1, E.2 e E.3, chama-se a atenção para as diferentes notações usadas para temperatura e pressão durante a calibração do amostrador. Na calibração do PTS, utiliza-se T_2 e P_2 para simbolizar pressão e temperatura durante a calibração do amostrador. Ver Figuras E.2 e E.3. Caso o usuário consulte o manual do PTS, verá, que, por razões didáticas, as atividades de calibração do CPV, de calibração do amostrador e de operação de amostragem são respectivamente chamadas de Fase 1, Fase 2 e Fase 3. Por exemplo, T_1 e P_1 dizem respeito à calibração do CPV; T_2 e P_2, à calibração do amostrador; T_3 e P_3, à operação de amostragem. No caso do PTSCVV, do AGV MP_{10} e do AGV $MP_{2,5}$, não há essa simbolização diferente para as diferentes fases, a não ser T_1 e P_1, para simbolizar respectivamente a temperatura e pressão durante a calibração do CPV, e os parâmetros da reta, que são os mesmo para todos os AGVs, ou sejam: a_1, b_1 e r_1 para a relação de calibração do CPV e a_2, b_2 e r_2 para a relação de calibração de todos os amostradores (registrador de vazão, no caso do AGV PTS, e CVV, no caso do PTSCVV, do AGV MP_{10} e do AGV $MP_{2,5}$).

2.0 PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO

1. Os seguintes equipamentos são necessários para a certificação de um CPV (ver esquema de calibração do CPV na Figura E.4):

   * O CPV a ser calibrado.
   * Um manômetro de coluna d'água, com faixa de 0 - 400 mm e divisões mínimas de 1 mm.
   * Um medidor padrão de volume (MPV), do tipo de deslocamento positivo.

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO (CPV)
(VAZÃO EM CONDIÇÕES REAIS)

CPV n°: *0180* **MPV (Medidor Roots) n°:** *8065037* **Data da Calibração:** *31/08/98*
Data em Serviço: _____ T_1 **(K)** *29 7* P_1 **(mm Hg)** *688*
Calibração realizada por *José Silva*

DADOS DA CALIBRAÇÃO:

	Placa ou Volts	t (min.)	dH_c (cm H_2O)	dP (mm Hg)	V_m (m^3)	
	40	*3,633*	*9,525*	*5*	*4,00*	
	45	*3,350*	*11,176*	*6*	*4,00*	
	50	*3,083*	*13,208*	*7*	*4,00*	
	60	*2,667*	*17,272*	*9*	*4,00*	
	70	*2,367*	*22,352*	*12*	*4,00*	
	80	*2,133*	*27,432*	*14*	*4,00*	

TABULAÇÃO DE DADOS:

V_a (m^3)	(Eixo - x) Q_a(m^3/min.)	(Eixo - y) $(dH_c \times T_a/P_a)^{1/2}$	Regressão Linear
3,9709	*1,0929*	*2,0278*	$y = a_1x + b_1$
3,9651	*1,1836*	*2,1965*	
3,9593	*1,2841*	*2,3878*	
3,9477	*1,4804*	*2,7306*	a_1 = *1,8984*
3,9302	*1,6607*	*3,1063*	b_1 = *-0,0533*
3,9186	*1,8368*	*3,4412*	r_1 = *0,9997*

FÓRMULAS PARA CÁLCULO DE V_a e Q_a:

$$V_a = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{P_1}\right) \qquad Q_a = \frac{V_a}{t}$$

PARA CÁLCULO DAS VAZÕES NAS CALIBRAÇÕES DO AGV MP_{10}, o AGV $MP_{2,5}$ e o PTSCVV:

$$Q_a = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{T_a}{P_a}\right)} - b_1\right)$$

Figura E.1 Formulário de Calibração do CPV, Próprio para o AGV MP_{10}, o AGV $MP_{2,5}$ e o PTSCVV, com exemplo

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO (CPV)
(VAZÃO EM CONDIÇÕES PADRÃO)

CPV n°: *0180* **MPV (Medidor Roots) n°:** *8065037* **Data da Calibração:** *31/08/98*
Data em Serviço: _____ **T_1 (K)** *29 7* **P_1 (mm Hg)** *688*
Calibração realizada por *José Silva*

DADOS DA CALIBRAÇÃO:

	Placa ou Volts	t (min.)	dH_c (cm H_2O)	dP (mm Hg)	V_m (m^3)	
	40	*3,633*	*9,525*	*5*	*4,00*	
	45	*3,350*	*11,176*	*6*	*4,00*	
	50	*3,083*	*13,208*	*7*	*4,00*	
	60	*2,667*	*17,272*	*9*	*4,00*	
	70	*2,367*	*22,352*	*12*	*4,00*	
	80	*2,133*	*27,432*	*14*	*4,00*	

TABULAÇÃO DE DADOS:

V_p (m^3)	(Eixo - x) Q_p (m^3/min.)	(Eixo - y) $[dH_c(P_1/760)(298/T_1)]^{1/2}$	Regressão Linear
3,6068	*0,9927*	*2,9414*	$y = a_1x + b_1$
3,6016	*1,0751*	*3,1861*	
3,5963	*1,1664*	*3,4637*	
3,5857	*1,3446*	*3,9609*	a_1 = *3,0318*
3,5699	*1,5084*	*4,5058*	b_1 = *-0,0773*
3,5593	*1,6684*	*4,9917*	r_1 = *0,9997*

FÓRMULAS PARA CÁLCULO DE V_p e Q_p:

$$V_p = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right) \qquad Q_p = \frac{V_p}{t}$$

PARA CÁLCULO DAS VAZÕES NAS CALIBRAÇÕES DO AGV PTS:

$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)} - b_1\right)$$

Figura E.2 Formulário de Calibração do CPV, Próprio para o AGV PTS, com exemplo

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO (CPV) (VAZÃO EM AMBAS AS CONDIÇÕES)

CPV n°: *0180* **MPV (Medidor Roots) n°:** *8065037*
Data da Calibração: *31/08/98*
Data em Serviço: _____ **T_1 (K):** *29 7* **P_1 (mm Hg):** *688*
Calibração realizada por *José Silva*

DADOS DA CALIBRAÇÃO:

	Placa ou Volts	t (min.)	dH_c (cm H_2O)	dP (mm Hg)	V_m (m^3)	
	40	*3,633*	*9,525*	*5*	*4,00*	
	45	*3,350*	*11,176*	*6*	*4,00*	
	50	*3,083*	*13,208*	*7*	*4,00*	
	60	*2,667*	*17,272*	*9*	*4,00*	
	70	*2,367*	*22,352*	*12*	*4,00*	
	80	*2,133*	*27,432*	*14*	*4,00*	

TABULAÇÃO DE DADOS:

Tensão	Condições Reais			Tensão	Condições Padrão		
		(Eixo - x)	(Eixo - y)			(Eixo - x)	(Eixo - y)
(volts)	V_a (m^3)	Q_a (m^3/min.)	$(dH_c \times T_a/P_a)^{1/2}$	(volts)	V_p (m^3)	Q_p (m^3/min.)	$[dH_c(P_a/T_a)(298/760)]^{1/2}$
40	*3,9709*	*1,0929*	*2,0278*	*40*	*3,6069*	0,9927	2,9414
45	*3,9651*	*1,1836*	*2,1965*	*45*	*3,6016*	1,0751	3,1861
50	*3,9593*	*1,2841*	*2,3878*	*50*	*3,5963*	1,1664	3,4637
60	*3,9477*	*1,4804*	*2,7306*	*60*	*3,5857*	1,3446	3,9609
70	*3,9302*	*1,6607*	*3,1063*	*70*	*3,5699*	1,5084	4,5058
80	*3,9186*	*1,8368*	*3,4412*	*80*	*3,5593*	1,6684	4,9917

REGRESSÃO LINEAR:

Cond. Reais	
a_1	1,8984
b_1	-0,0533
r_1	0,9997

Cond. Padrão	
a_1	3,0318
b_1	-0,0773
r_1	0,9997

FÓRMULAS PARA CÁLCULOS DE V_p, Q_p, V_a e Q_a ACIMA:

$$V_a = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{P_1}\right) \quad Q_a = \frac{V_a}{t}$$

$$V_p = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right) \quad Q_p = \frac{V_p}{t}$$

PARA CÁLCULO DAS VAZÕES NAS CALIBRAÇÕES POSTERIORES DOS AGVs:

DO AGV MP_{10} E DO PTSCVV:	DO AGV PTS:
$$Q_a = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{T_a}{P_a}\right)} - b_1\right)$$	$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)} - b_1\right)$$

Figura E.3 Formulário de Calibração do CPV, Próprio Para Todos os AGVs, com exemplo

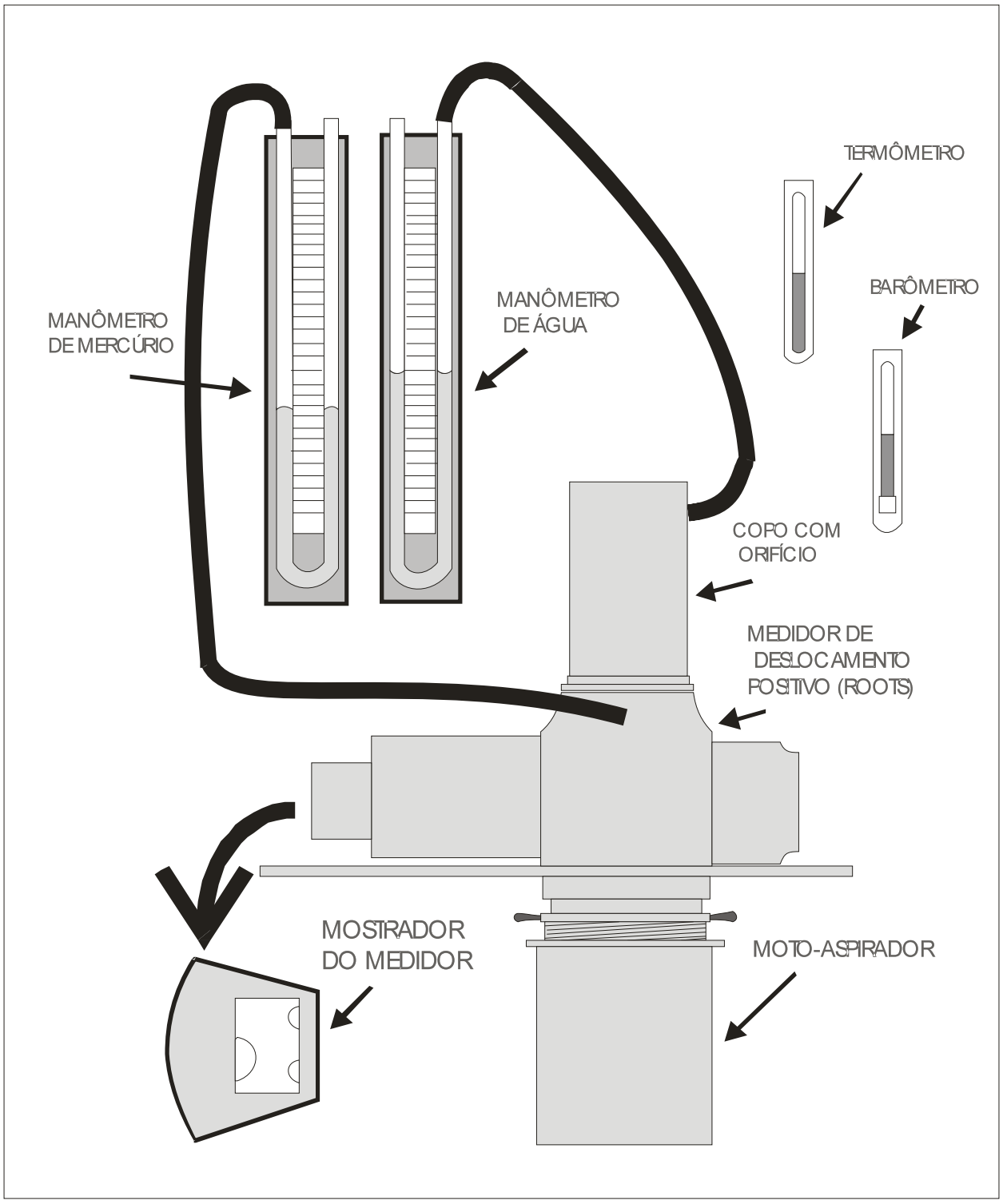


Figura E.4 Esquema de Calibração do CPV

* Um transformador de voltagem variável (ou um conjunto de placas de resistência, caso não haja um transformador de voltagem variável).
* Um motoaspirador de grande volume).
* Um cronômetro de precisão.
* Um manômetro de mercúrio, com uma faixa de 0 - 200 mm e divisões mínimas de 1 mm.
* Um termômetro, capaz de medir, com aproximação de $\pm$ 1 °C, temperaturas na faixa de 0 a 50 °C (273 a 323 K) e calibrado, pelo menos uma vez por ano, com aproximação de $\pm$ 2 °C de um termômetro com certificação reconhecida oficialmente.
* Um barômetro, capaz de medir, com aproximação de mm Hg, pressões barométricas ambientes na faixa de 500 a 800 mm Hg e calibrado, pelo menos uma vez por ano, com aproximação de $\pm$ 5 mm Hg de um barômetro de conhecida exatidão.
* ***** Formulário de certificação de CPV, tal como mostrado nas Figuras E.1, E.2, E.3 e E.5 (com exemplos).

2. Anote, nos formulários de certificação, o número de série do CPV, o número de série do MPV, o nome do responsável pela calibração e a data da calibração.

3. Leia a pressão barométrica e anote-a como P_1 e a temperatura ambiente em torno do MPV e anote-a como T_1 (K = °C + 273).

4. Conecte o CPV à entrada do MPV. Conecte, por meio de uma mangueira, o manômetro de mercúrio à entrada do MPV. Conecte, por meio de uma mangueira, o manômetro do CPV à tomada de pressão do CPV. Conecte um motoaspirador de grande volume à saída do MPV. Certifique-se de que todas as juntas estão nas suas posições e em boas condições.

5. Verifique se a mesa do MPV está nivelada e ajuste suas pernas, se necessário.

6. Cheque vazamentos, pinçando temporariamente as mangueiras de ambos os manômetros (para evitar perda de fluido) e bloqueando o orifício do CPV com uma placa de borracha de grande diâmetro, uma fita adesiva larga ou outros meios adequados. Dê partida ao motoaspirador e observe qualquer alteração na leitura do MPV. A leitura deve manter-se constante. Caso a leitura se altere, procure localizar vazamentos, seja pela audição de sons de assovio, seja pelo reaperto de todas as conexões, certificando-se de que todas as juntas estejam apropriadamente instaladas.

   Cuidado: Evite manter o amostrador funcionando por mais de 30 s de cada vez com o orifício bloqueado. Esta precaução reduzirá a chance de o motor superaquecer e danificar-se devido à falta de refrigeração.

7 Após satisfatoriamente completar o teste de vazamento, desligue o motoaspirador, desbloqueie o orifício e remova as pinças das mangueiras de ambos os manômetros. Zere os manômetros de água e de mercúrio, arrastando as suas escalas de modo que suas linhas do zero fiquem niveladas com os fundos dos meniscos.

8. Ligue o motoaspirador. Ajuste o transformador de voltagem variável até conseguir uma vazão apropriada (isto é, dentro da faixa aproximada de 1,0 a 1,8 m^3/min. Se necessário, use placas de resistência ou um restritor variável para conseguir a apropriada vazão.

9. Após estabelecer uma vazão, permita que o sistema funcione por pelo menos um minuto para que a velocidade do motor se mantenha constante. Observe a leitura no

dial do MPV e simultaneamente inicie o cronômetro. Pode-se reduzir erros de leitura no dial do MPV iniciando-se e parando-se o cronômetro em leituras de números inteiros (por exemplo, 4091.00).

10. Registre o volume inicial que o dial do medidor estava indicando quando o cronômetro foi iniciado. Mantenha esta vazão constante até que pelo menos 4 m^3 de ar passe através do MPV. Registre, como *dP*, a leitura do manômetro de pressão da entrada do MPV, e, como dH_c, a leitura do manômetro do CPV. Certifique-se de que esteja indicando as unidades de medição corretas. Caso dH_c se altere significativamente durante a rodada, aborte a rodada e dê início novamente.

11. Após pelo menos 4 m^3 de ar ter passado através do sistema, observe a leitura do MPV e simultaneamente pare o cronômetro. Registre o volume final que o dial do medidor estava indicando quando o cronômetro foi parado. Registre o tempo decorrido (*t*) indicado no cronômetro.

12. Calcule o volume medido pelo MPV (V_m) usando a Equação E.1 e registre.

$$V_m = \text{Volume Final - Volume Inicial} \qquad \text{(Eq. E1)}$$

13. Calcule o volume de ar em condições reais (V_a) pela Equação E.2 e em condições padrão (V_p) pela Equação E.3.

$$V_a = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{P_1}\right) \qquad \text{(Eq. E.2)}$$

e

$$V_p = V_m\left(\frac{P_1 - dP}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right) \qquad \text{(Eq. E.3)}$$

onde:

V_a = volume em condições reais, m^3
V_p = volume em condições padrão, m^3-padrão
V_m = volume real medido pelo MPV, m^3
P_1 = pressão barométrica ambiente durante a calibração do CPV, mm Hg
dP= pressão diferencial na entrada do MPV, mm Hg
T_1 = temperatura ambiente durante a calibração do CPV, K

Anote V_a nas Figura E.1 e E.3 e V_p nas Figuras E.2 e E.3.

14. Calcule a vazão volumétrica para condições reais (Q_a) pela Equação E.4 e a vazão volumétrica para condições padrão pela Equação E.5:

$$Q_a = \frac{V_a}{t} \qquad \text{(Eq. E.4)}$$

e

$$Q_p = \frac{V_p}{t} \qquad \text{(Eq. E.5)}$$

onde:

Q_a = vazão volumétrica em condições reais através do orifício (CPV), m^3/min.
Q_p = vazão volumétrica padrão através do orifício (CPV), m^3-padrão/min.
V_a = volume em condições raias, m^3
V_p = volume em condições padrão, m^3-padrão
t = tempo decorrido, min.

Anote Q_a nas Figuras E.1 e E.3 e Q_p nas Figuras E.2 e E.3.

15. Repita os Passos 9 a 14 para pelo menos mais quatro vazões (pontos) diferentes dentro da faixa aproximada de 1,0 a 1,8 m^3/min. Todas as vazões (pontos) devem estar distribuídas uniformemente na faixa considerada. No caso específico do MP_{10}, do $MP_{2,5}$ e do PTSCVV, que funcionam com controlador de vazão, a US EPA pede que pelo menos três das vazões (pontos) consideradas estejam no intervalo especificado para a vazão do amostrador (1,05 a 1,21 m^3/min.).

Nota: Nas calibrações do CPVs empregados nas calibrações dos AGVs ENERGÉTICA tem-se, normalmente, considerado 6 vazões (pontos).

16. Para cada vazão (ponto), compute $[(dH_c)\ (T_a/P_a)]^{1/2}$ e anote na coluna do eixo-x nas Figuras E.1 e E.3. Faça a mesma coisa para as Figuras E.2 e E.3, computando $[(dH_c)\ (P_1/760)(298/T_1)]^{1/2}$.

17 Para os modelos (ambos a equação de uma reta) abaixo,

$$\sqrt{dH_c\left(\frac{T_a}{P_a}\right)} = a_1\left(Q_a\right) + b_1 \qquad \text{(Eq. E.6)}$$

e

$$\sqrt{dH_c\left(\frac{P_1}{760_1}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right)} = a_1\left(Q_p\right) + b_1 \qquad \text{(Eq. E.7)}$$

calcule, por regressão linear (técnica dos mínimos quadrados), a inclinação (a_1), a interseção (b_1) e o coeficiente de correlação (r_1) da relação de certificação.

Nota: Conforme recomendação da Andersen, o fator de correlação (r_1) deve ser $\geq 0{,}99$ para que a calibração seja válida. Caso $r_1 < 0{,}99$, refaça os cálculos e, se necessário, repita o procedimento de calibração.

18. Para uso subseqüente do CPV nas calibrações dos AGVs, calcule Q_a e Q_p a partir das relações de calibração abaixo (obtidas por explicitação de Q_a e Q_p, respectivamente, nas Equações F.6 e F.7 acima):

- Para vazão em condições reais (Figuras E.1 e E.3):

$$Q_a = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{T_a}{P_a}\right)} - b_1\right) \qquad \text{(Eq. E.8)}$$

onde:

Q_a = vazão volumétrica em condições reais indicada pelo CPV, m^3-padrão/min.
dH_c = perda de carga através do orifício do CPV, cm H_2O
T_a = temperatura ambiente durante a calibração do MP_{10}, do $MP_{2,5}$ ou do PTSCVV, K (K = °C + 273)
P_a = pressão barométrica no local da calibração do MP_{10} ou do PTSCVV, mm Hg
a_1 = inclinação da relação de calibração do CPV
b_1 = interseção da relação de calibração do CPV

- Para a vazão em condições padrão (Figuras E.2 e E.3):

$$Q_p = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)} - b_1\right) \qquad \text{(Eq. E.9)}$$

onde:

Q_p = vazão volumétrica em condições padrão indicada pelo CPV, m^3-padrão/min.
dH_c = perda de carga através do orifício do CPV, cm H_2O
P_2 = pressão barométrica durante a calibração do AGV PTS, mm Hg
T_2 = temperatura ambiente durante a calibração do AGV PTS, K (K = °C + 273)
a_1 = inclinação da relação de calibração do CPV
b_1 = interseção da relação de calibração do CPV

3.0 PERIODICIDADE DE CALIBRAÇÃO DO CPV

O CPV deve ser calibrado na sua aquisição e, subseqüentemente, em intervalos de um ano. Os copos com orifício do CPV devem ser inspecionados visualmente antes de cada aplicação. Sinais de amassaduras no orifício implica recalibração ou mesmo sucateamento do copo.

4.0 CERTIFICADO EM EXCEL EMITIDO PELA ENERGÉTICA

A Figura E.5 mostra exemplar de um certificado em Excel emitido pela ENERGÉTICA. O certificado é constituído de 4 páginas.

ENERGÉTICA® Qualidade do Ar

ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
LME - Laboratório de Metrologia da Energética
Rua Gravataí, 99 - Rocha - CEP.:20975-030 - Rio de Janeiro/RJ
Tel. (21) 3797-9800 - Fax: (21) 2241-1354
Site: www.energetica.ind.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO (CALCPVGV)

Número:	**CPV-GV-0001/09**	**Data de emissão:**	**13/01/09**

DADOS DO CLIENTE

Solicitante:	**ACME Engenharia e Consultoria Ltda.**
Endereço:	**Rua Padre Ildefonso, n° 140 - Fortaleza - CE**
Serviço:	**Calibração do Calibrador Padrão de Vazão (CPV) na faixa de 1,0 a 1,8 m^3/min**

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE MEDIÇÃO A CALIBRAR

Equipamento:	**Calibrador Padrão de Vazão para Grande Volume (tipo orifício)**		
Modelo:	**CPVGV**	**Identificação:**	**CPV-0289**
TAG:	**09/001**	**AS/OS:**	**09/001**

DADOS DA CALIBRAÇAO

Data de recebimento:	**13/01/09**	**TAG:**	**0**
Data da calibração:	**23/01/09**	**Temperatura:**	**24,6 °C**
Local da calibração:	**LME**	**Pressão barométrica:**	**760,2 mmHg**

PROCEDIMENTOS E/OU NORMAS APLICADOS

• Procedimentos técnicos: Parágrafo 4.8.2 da Norma ABNT, NBR 9547 (Set. 1997) e Parágrafo 5.6.3 da Norma ABNT, NBR 13412 (Jun. 1995).

EQUIPAMENTOS/PADRÕES UTILIZADOS

Código	Equipamento	Dt. Calib.	Dt. Venc.	Calib. Por	N° Cert	Rastreabilidade
MDRT-002	Medidor Roots	25/03/08	25/03/09	IPT	85691-101	CGCRE/INMETRO
TER-009	TLV	28/05/08	28/05/09	ITUC	0190-1/08	CGCRE/INMETRO
BAR-002	Barômetro	04/06/08	04/06/09	IFM	PR-2208/08	RBC/INMETRO Nº 059
CRO-007	Cronômetro digital	27/03/08	27/03/09	VISOMES	LV 6659/08	CGCRE/INMETRO
EQUI-008	Régua Graduada	17/04/08	17/04/09	Leka's	2023508A	RBC/INMETRO Nº Cal-71
Medidores e equipamentos auxiliares verificados previamente						
MANU-HG	Manômetro de coluna (U) de mercúrio			Verificado conforme procedimento LME		
MANU-H2O	Manômetro de coluna (U) de H_2O			Verificado conforme procedimento LME		
VOLT-001	Variac com indicação de volts			N/A		

NOTAS

• Os procedimentos de calibração aqui empregados obedecem os métodos pertinentes da ABNT e da US EPA (vide referências na Página 4/4). As notações aqui utilizadas são as da ABNT.

• O Amostrador de Grande Volume para Partículas Totais em Suspensão é aqui denotado por AGV PTS e o Amostrador de Grande Volume para Partículas Inaláveis, por AGV MP_{10}.

• Os resultados desta calibração compreendem a faixa de vazão de 1,1 a 1,7 m^3/min; portanto, são adequados tanto para AGV PTS quanto para AGV MP_{10}.

• Por exigência de normas, para o AGV PTS, os resultados da calibração (uma relação normalmente representada por uma reta) devem ser para condições-padrão; para o AGV MP_{10}, para condições reais. Condições-padrão, conforme a Resolução 3 do CONAMA, são aq

• Este certificado é válido somente para o equipamento calibrado e só pode ser reproduzido integralmente.

Figura E5 (1) Certificado de Calibração do CPV Emitido Formalmente pela ENERGÉTICA

ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
LME - Laboratório de Metrologia da Energética
Rua Gravataí, 99 - Rocha - CEP.:20975-030 - Rio de Janeiro/RJ
Tel. (21) 3797-9800 - Fax: (21) 2241-1354
Site: www.energetica.ind.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO (CALCPVGV)

Número: CPV-GV-0001/09 **Data de emissão:** 13/01/09

VALORES MEDIDOS

Tensão (Volts)	t (minutos)	dHc (cm H_2O)	dP (mm Hg)	T_1 (ºC)	P_1 (mHg)	Vm (m^3)
45	3,65	10,2	5,0	24,0	760,2	3,9714
50	3,36	12,0	6,0	24,4	760,2	3,9700
55	3,14	13,7	7,0	24,7	760,2	3,9690
65	2,72	18,1	9,0	24,3	760,2	3,9668
75	2,45	22,4	11,0	24,8	760,2	3,9654
85	2,22	27,1	14,0	25,1	760,2	3,9641

Nota 1: Os valores para tensão na Coluna 1 são medidos no voltímetro do variac do Roots. Estas tensões são previamente escolhidas de modo a se obter 6 valores para a vazão na faixa de 1 a 1,8 m^3/min

Nota 2: Os valores para t, dHc e dP acima são as médias de 3 conjuntos de medidas tomando-se como base um volume predeterminado medido no Roots.

VALORES CALCULADOS

Tensão (Volts)	Condições Reais				Condições Padrão			
	Eixo-X		Eixo-Y		Eixo-X		Eixo-Y	
	$Q_r = \frac{V_m}{t}\left(\frac{P_1 - dP}{P_1}\right)$		$dH_{corr} = \sqrt{dH_c\left(\frac{T_1}{P_1}\right)}$		$Q_p = \frac{V_m}{t}\left(\frac{P_1 - dP}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right)$		$\Delta H_{corr} = \sqrt{\Delta H_c\left(\frac{P_1}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right)}$	
	Vazão Q_r (m^3/min)	Incert. (m^3/min) (±)	dH_{corr} (cm H_2O)	Incerteza (cm H_2O) (±)	Vazão Q_p (m^3/min)	Incert. (m^3/min) (±)	dH_{corr} (cm H_2O)	Incerteza (cm H_2O) (±)
45	1,081	0,059	1,993	0,029	1,085	0,059	3,194	0,400
50	1,173	0,067	2,170	0,027	1,176	0,067	3,473	0,367
55	1,253	0,074	2,316	0,025	1,254	0,074	3,704	0,344
65	1,439	0,094	2,663	0,022	1,443	0,094	4,264	0,299
75	1,593	0,112	2,962	0,020	1,594	0,112	4,735	0,269
85	1,756	0,133	3,260	0,018	1,757	0,133	5,206	0,245

Nota 1: As incertezas expandidas relatadas acima são baseadas em incertezas padronizadas combinadas multiplicadas por um fator de abrangência k, fornecendo um nível de confiança de aproximadamente 95 %. As incertezas-padrão de medição foram determinadas

Nota 2: Com os dados acima, o usuário poderá construir sua relação de calibração em papel milimetrado, seja para condições reais, seja para condições padrão, plotando os valores para vazão no eixo dos X (abcissa) e o valores para dHcorr no eixo dos Y (ord

Figura E.5 (2) Certificado de Calibração do CPV Emitido Formalmente pela ENERGÉTICA

ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
LME - Laboratório de Metrologia da Energética
Rua Gravataí, 99 - Rocha - CEP.:20975-030 - Rio de Janeiro/RJ
Tel. (21) 3797-9800 - Fax: (21) 2241-1354
Site: www.energetica.ind.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO (CALCPVGV)

Número: CPV-GV-0001/09 **Data de emissão:** 13/01/09

RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO (Regressão linear: $Y = a_1X + b_1$)

AGV MP_{10} (Condições reais)		AGV PTS (Condições-padrão)	
$\sqrt{dH_c\left(\frac{T_1}{P_1}\right)} = a_1(Q_r) + b_1$		$\sqrt{dH_c\left(\frac{P_1}{760}\right)\left(\frac{298}{T_1}\right)} = a_1(Q_p) + b_1$	
Inclinação (a_1):	1,878	Inclinação (a_1):	3,000
Incerteza da medição de a_1:	± 0,021	Incerteza da medição de a_1:	± 0,033
Intercepto (b_1):	-0,036	Intercepto (b_1):	-0,059
Incerteza da medição de b_1:	± 0,005	Incerteza da medição de b_1:	± 0,008
Correlação (r_1):	0,999	Correlação (r_1):	0,999

Obs.: As incertezas (expandidas) das medições de a_1 e b_1 acima foram calculadas por metodologia apresentada no Capítulo 4 da Referência 3 na Página 4/4 e são baseadas em incertezas padronizadas combinadas multiplicadas por um fator de abrang

TESTE DE CONFORMIDADE DA RETA OBTIDA

Tensão	Vazão Q_r (m^3/min)			Vazão Q_p (m^3/min)		
Volts	Experimental (valores lidos)	Da reta (calculados)	Diferença (<0,02 m^3/min)	Experimental (valores lidos)	Da reta (calculados)	Diferença (<0,02 m^3/min)
45	1,081	1,081	0,001	1,085	1,084	0,001
50	1,173	1,175	0,001	1,176	1,177	0,001
55	1,253	1,253	0,000	1,254	1,254	0,000
65	1,439	1,437	0,002	1,443	1,441	0,002
75	1,593	1,597	0,003	1,594	1,598	0,003
85	1,756	1,755	0,002	1,757	1,755	0,002

Nota: De acordo com a NBR 9647 (1997), Item 4.8.2.16, "Um gráfico de certificação deve permitir leitura com aproximação de 0,02 m^3/min nas condições padrão". Portanto, a reta obtida está em conformidade com a norma.

PARA USO POSTERIOR NA CALIBRAÇÃO (Cálculo da vazão)

(do AGV MP10 - Condições Reais)	(do AGV PTS – Condições-Padrão)
$Q_r = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{T_2}{P_2}\right)} - b_1\right)$	$Q_p = \frac{1}{a_1}\left(\sqrt{dH_c\left(\frac{P_2}{760}\right)\left(\frac{298}{T_2}\right)} - b_1\right)$

FREQUÊNCIA DE CALIBRAÇÃO DO CPVGV

De acordo com a NBR 9547 (1997), Item 4.8.2.17, o CPVGV deve ser recalibrado anualmente.

Figura E.5 (3) Certificado de Calibração do CPV Emitido Formalmente pela ENERGÉTICA

ENERGÉTICA® Qualidade do Ar

ENERGÉTICA INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.
LME - Laboratório de Metrologia da Energética
Rua Gravataí, 99 - Rocha - CEP.:20975-030 - Rio de Janeiro/RJ
Tel. (21) 3797-9800 - Fax: (21) 2241-1354
Site: www.energetica.ind.br

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO (CALCPVGV)

Número: CPV-GV-0001/09 **Data de emissão:** 13/01/09

LEGENDA

T_1	Temperatura ambiente no local e durante a calibração do CPV (ºK)	Q_r	Vazão volumétrica em condições reais indicada pelo CPV (m^3/min)
P_1	Pressão atmosférica no local e durante a calibração do CPV (mm Hg)	dH_{corr}	Pressão diferencial corrigida
V_m	Volume, pré-fixado, indicado pelo MPV (m^3)	V_p	Volume em condições-padrão indicado pelo CPV (m^3)
T_p	Temperatura nas condições-padrão (25ºC + 273 = 298 ºK)	Q_p	Vazão volumétrica em condições-padrão indicada pelo CPV (m^3/min)
P_p	Pressão atmosférica nas condições-padrão (760 mm Hg)	a_1	Inclinação da relação de calibração do CPV
t	Tempo medido (min) correspondente a Vm	b_1	Intercepto da relação de calibração do CPV
dHc	Pressão diferencial no CPV (cm H_2O)	r_1	Fator de correlação da relação de calibração do CPV
dP	Pressão diferencial no MPV (mm Hg)	T_2	Temperatura ambiente no local e durante a calibração do AGV (ºK) (ºK = ºC + 273)
V_r	Volume em condições reais indicado pelo CPV (m^3)	P_2	Pressão barométrica no local e durante calibração do AGV (mm Hg)

REFERÊNCIAS

1	ABNT. Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente - Determinação da Concentração Total pelo Método do Amostrador de Grande Volume. NBR 9547, Set., 1997.
2	ABNT. Material Particulado em Suspensão na Atmosfera - Determinação da Concentração de Partículas Inaláveis pelo Método do Amostrador de Grande Volume Acoplado a um Separador Inercial de Partículas. NBR 13412, Jun, 1995.
3	Maria C.C. Werkema e Silvio Aguiar. Análise de Regressão: Como Entender o Relacionamento entre as Variáveis de um Processo. Fundação Christiano Ottoni, UFMG, Belo Horizonte, 1996.

CALIBRADO POR: **APROVADO POR:**

Rosangela Nascimento Barros
Técnica de Laboratório

José Walderley Coêlho Dias
Gerente Técnico

Figura E.5 (4) Certificado de Calibração do CPV Emitido Formalmente pela ENERGÉTICA

APÊNDICE F

REGRESSÃO E CORRELAÇÃO

1.0 INTRODUÇÃO

O usuário, quando for calibrar o CPV ou o amostrador, poderá recorrer ao artifício da regressão linear como alternativa ao uso de curvas francesas para obter a curva de calibração no sistema de coordenadas XY.

Descreve-se, nos itens abaixo, a técnica da regressão linear simples e como se avalia se a curva obtida é uma boa representante da distribuição dos pontos.

2.0 CURVA DE REGRESSÃO

A curva de regressão é uma curva que se obtém para representar uma série de pontos num sistema de coordenadas XY. A melhor representação desses pontos é comumente obtida pela "curva de regressão linear", isto é, a curva que minimiza os quadrados dos desvios dos pontos com relação à ela (curva).

A curva dos mínimos quadrados é a reta:

$$\mathbf{Y = \mathit{a}X + \mathit{b}}$$

onde

Y = variável dependente, medida no eixo da ordenada
X = variável independente (explicativa), medida no eixo da abcissa
a = inclinação da reta com relação ao eixo da abcissa
b = intercepto da reta com relação ao eixo da ordenada

A inclinação *a* é dada por

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} XY - \overline{X}\sum_{i=1}^{n} Y}{\sum_{i=1}^{n} X^2 - \overline{X}\sum_{i=1}^{n} X} \qquad \text{(Eq. F.1)}$$

Por sua vez, o intercepto *b* é dado por

$$b = \overline{Y} - a\,\overline{X} \qquad \text{(Eq. F.2)}$$

3.0 EXEMPLO DE CÁLCULO

Tomemos, para exemplo, os cálculos da inclinação a_2, do intercepto b_2 e da correlação r_2 da curva (reta) de calibração de um amostrador, apresentados na Figura 4.3 deste manual, onde

$$X = Q_r\ (\text{CPV})/[T_a]^{1/2}$$

e

$$Y = (P_o/P_2)$$

Hoje, com a proliferação dos computadores e das calculadoras manuais, é fácil instalar programas que calculem os parâmetros *a*, *b* e *r* da reta. Neste caso, o usuário apenas entra com os pontos *XY* e, vapt-vupt, com um apertar do botão, obtém os dados. Entretanto, nos velhos tempos, quando não se possuia as maravilhosas máquinas, o jeito era trabalhar à mão,

Temos então a tabulação abaixo:

X	Y	X^2	XY
0,0674	0,9807	0,0045	0,0661
0,0666	0,9740	0,0044	0,0649
0,0654	0,9625	0,0043	0,0629
0,0639	0,9524	0,0041	0,0609
0,0627	0,9438	0,0039	0,0592
ΣX = 0,3260	ΣY = 4,8134	ΣX^2 = 0,02127	ΣXY = 0,31395

Prosseguindo,

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{5} X}{n} = \frac{0{,}3260}{5} = 0{,}0652$$

$$\overline{Y} = \frac{\sum_{I=1}^{5} Y}{n} = \frac{4{,}8134}{5} = 0{,}9623$$

$$a_2 = \frac{0{,}31395 - 0{,}0652 \times 4{,}8134}{0{,}02127 - 0{,}0652 \times 0{,}3260} = 7{,}8498$$

b_2 = 0,9623 - 7,8498 x 0,0652 = 0,4509

A reta dos mínimos quadrados é portanto:

$$Y = 7{,}8498\ X + 0{,}4509$$

4.0 CORRELAÇÃO

Correlação é a medida do grau de relação entre duas variáveis. A medida de quão boa é a relação é dada por um coeficiente chamado de coeficiente de correlação (*r*).

Se todos os pontos caíssem em cima da curva (reta) de regressão, os quadrados dos desvios a partir da reta seriam zero e o coeficiente de correlação seria – 1,000 ou +*1,000*. O coeficiente, portanto, mede a dispersão dos pontos no sistema de coordenadas. Caso a distribuição dos pontos seja completamente aleatória, a correlação é zero e não há relação entre as variáveis.

No nosso caso (calibrações do CPV e do AGV), o coeficiente é sempre positivo.

Nota: Deve-se procurar obter uma relação cujo fator de correlação *r* não seja inferior a *0,997*. Em todo o caso, nunca aceite uma relação com *r* abaixo de *0,99*.

O coeficiente de correlação *r* é calculado pela fórmula:

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} XY - \sum_{i=1}^{n} X \sum_{i=1}^{n} Y}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n} X^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} X\right)^2\right]\left[n\sum_{i=1}^{n} Y^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} Y\right)^2\right]}}$$

Aplicando o mesmo exemplo acima, deve-se chegar a um valor próximo de *0,9977*.

APÊNDICE G

CÂMARA DE EQUILIBRAÇÃO (ABNT - NBR 13412)

1.0 ESQUEMA

A ABNT recomenda que a câmara para condicionamento e pesagem dos filtros seja fabricada conforme o esquema da Figura G.1.

2.0 ESPECIFICAÇÕES

A câmara deve atender às seguintes especificações:

1. Suas arestas devem ser vedadas com silicone ou outro material que mantenha boa vedação.

2. Deve ser mantida aos níveis de umidade recomendados na Subseção 5.4 para condicionamento dos filtros. Para tanto, é necessário que a sílica-gel seja colocada na câmara pelo menos 12 horas antes da colocação dos filtros na câmara.

3. Deve conter um higrômetro para verificação da umidade.

4. Deve possuir duas aberturas frontais que possibilitem a introdução das mãos do operador para pesagem dos filtros.

5. Deve possuir porta lateral com 30 cm x 30 cm para introdução dos filtros.

6. Deve possuir uma par de luvas tipo utilizado em incubadora hospitalar, fixadas nas aberturas mencionadas na alínea 4, de forma a evitar o contacto direto do operador com o interior da câmara.

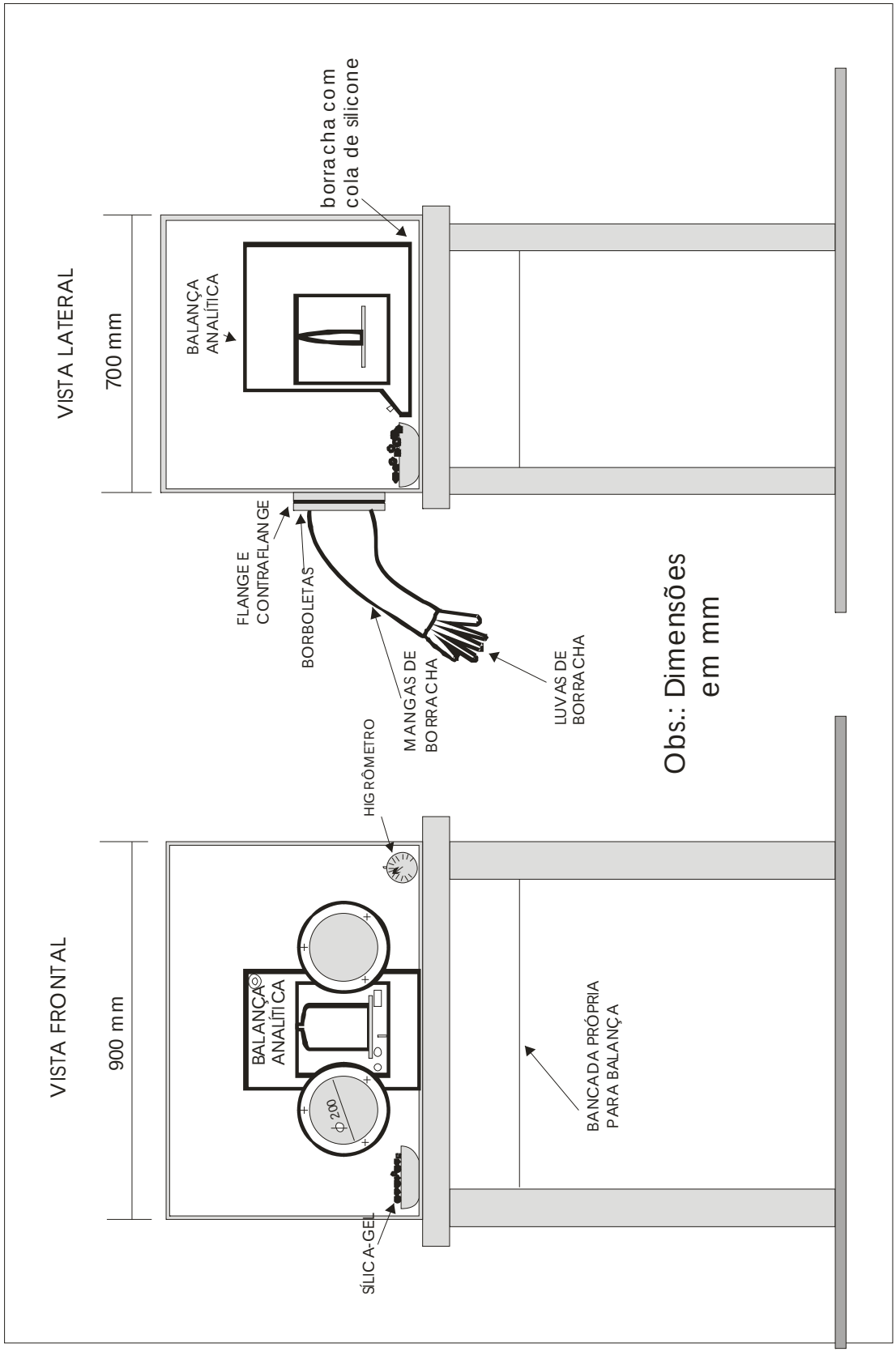


Figura G.1 Câmara para Condicionamento e Pesagem de Filtros

APÊNDICE H

FORMULÁRIOS

1.0 INTRODUÇÃO

Formulários em branco são fornecidos nas próximas páginas para conveniência do usuário deste manual. Cada formulário retém seu respectivo número de figura do texto.

Os seguintes formulários estão incluídos neste apêndice.

Formulário	Título
4.2	Formulário de Registro de Dados – Geração da Relação de Calibração do AGV PTSCVV
4.5	Formulário de Registro de Dados – Verificação da Relação de Calibração do AGV PTSCVV
5.1	Formulário de Registro de Dados – Amostragem com o AGV PTSCVV
5.2	Folha de Controle das Pesagens de Filtro

AGV PTSCVV – GERAÇÃO DA RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO **Formulário de Registro de Dados**	**Número:**	
	Data:	
	Executante:	
	Conferencista:	

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVV N° _____ **CVV N°** _____

DADOS GERAIS DA CALIBRAÇÃO

Local: _____ **Data:** _____ **Hora:** _____

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barométrica (P_2): _____ **mm Hg** **Temperatura (T_2):** _____ **°C**

Identificação dos padrões de pressão e temperatura:

Barômetro n° _____ **Data de validade:** _____

Termômetro n° _____ **Data de validade:** _____

DADOS DO CPV (CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO) (VER CERT. CALIB.)

Número do CPV: _____ **Data última calibração** _____

Relação (reta) de calibração:

Inclinação a_1: _____ **Intercepto b_1:** _____ **Correlação r_1:** _____

MEDIÇÕES DA CALIBRAÇÃO

	Placa N°		**Pressão diferencial CPV - dH_c (cm H_2O)**			**Pressão diferencial filtro – dH_f (cm H_2O)**	
			p/cima	**p/baixo**		**p/cima**	**p/baixo**
	18						
	13						
	10						
	9						
	8						

OBSERVAÇÕES

Ass. Executante **Ass. Conferencista**

Figura 4.2 Formulário de Registro de Dados – Geração da Relação de Calibração do AGV PTSCVV

AGV PTSCVV – VERIFICAÇÃO DA RELAÇÃO DE CALIBRAÇÃO

Formulário de Registro de Dados

Número:	
Data:	
Executante:	
Conferencista:	

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVV N° _____ **CVV N°** _____

DADOS GERAIS DA VERIFICAÇÃO

Local: _____ **Data:** _____ **Hora:** _____

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barométrica (P_2): _____ **mm Hg** **Temperatura (T_2):** _____ **°C**

Identificação dos padrões de pressão e temperatura:

Barômetro n° _____ **Data de validade:** _____

Termômetro n° _____ **Data de validade:** _____

DADOS DO CPV (CALIBRADOR PADRÃO DE VAZÃO) (VER CERT. CALIB.)

Número do CPV: _____ **Data última calibração** _____

Relação (reta) de calibração:

Inclinação a_1: _____ **Intercepto b_1:** _____ **Correlação r_1:** _____

TESTES REAIS COM O FILTRO OPERACIONAL

dH_f do filtro operacional (cm H_2O): _____

Diferença entre dH_f da placa e dH_f do filtro (cm H_2O): _____

MEDIÇÕES DA VERIFICAÇÃO

Placa N°	Pressão diferencial CPV - dH_c cm H_2O		Pressão diferencial filtro – dH_F cm H_2O	
	p/cima	p/baixo	p/cima	p/baixo

OBSERVAÇÕES

Ass. Executante _____ **Ass. Conferencista** _____

Figura 4.5 Formulário de Registro de Dados – Verificação da Relação de Calibração do AGV PTSCVV

AGV PTSCVV– AMOSTRAGEM

Formulário de Registro de Dados

Número:	
Data:	
Executante:	
Conferencista:	

DADOS DO EQUIPAMENTO

AGV PTSCVV N° _____ **CVV N°** _____

LOCAL E PERÍODO DE AMOSTRAGEM

Local: _____ **N° estação** _____

Período nominal de amostragem: _____ **horas**

Período de amostragem: **Data – início:** _____ **Data – final:** _____

Hora – início: _____ **Hora – final:** _____

DADOS AMBIENTAIS

Pressão barom. média (P_m ou P_s): _____ **mmHg** **Temp. média (T_m ou T_s):** _____ **ºC**

Nota: os valores médios acima podem ser obtidos de uma estação meteorológica

Pressão barom. CONAMA (P_p): **760** **mmHg** **Temp. CONAMA (T_p):** **25** **ºC**

DADOS DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO DO AMOSTRADOR

Na forma de tabela? **Sim** _____ **Não** _____

Na forma de equação (da reta)? **Sim** _____ **Não** _____

Se na forma de reta, apresente dados: a_2 = _____ b_2 = _____

Data da última calibração ou verificação: _____

DADOS (LEITURAS) DO CAMPO

Pressão diferencial no filtro (cm H_2O):

Inic. (dH_{fi}):		Final (dH_{ff}):	
p/cima	p/baixo	p/cima	p/baixo

Leitura do horâmetro (h/100): **Inícial:** _____ **Final:** _____

Leitura média da carta gráfica (D): _____

DADOS DO FILTRO

N° Filtro: _____ **Peso inicial (g):** _____ **Peso final (g):** _____

CONTROLE DA QUALIDADE

Amostrador recalibrado (ou verificado) conforme programação? **Sim** _____ **Não** _____

Traçado da pena na carta indicando anormalidade? **Sim** _____ **Não** _____

OBSERVAÇÕES

Ass. Executante **Ass. Conferencista**

Figura 5.1 Formulário de Registro de Dados – Amostragem com o AGV PTSCVV

Número ident.	**Balança:**				
Operador da Balança:			**Supervisor de CQ:**		
Data	**N° Filtro**	**Tara da Balança**	**Tara (g)**	**Peso Bruto (g)**	**Análise Adicional**

Figura 5.2 Folha de Controle das Pesagens de Filtro